Die
Salzböden Rumäniens
und ihre Urbarmachung.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Ovid Maior
aus Bukarest.

ACAD.
LUCR. BAT.
BIBL.

Sonderabdruck aus:
„Kühn-Archiv" Band I, zweiter Halbband. 1911.
Verlag von Paul Parey in Berlin.

Halle a. S.
Druck von Fr. Stollberg, Merseburg.
1911.

Referent:

Kaiserl. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. F. WOHLTMANN.

Meinen Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544709_0033

Inhalt.

Seite

Einleitung 1
Allgemeine Betrachtungen 4
Rumäniens Klima 6
Moldau und Walachei 6
Die Dobrutscha 9
Die Geologie der rumänischen Ebene 10
Die Geologie der Walachei 11
Die Geologie der Moldau 14
Die Geologie der Dobrutscha 14
Das Gebiet der Salzböden und Salzseen 15
Die Salzseen 15
Die Gewässer der Steppe 17
Entstehung der Salzseen 19
Ursache der Salzansammlung in den Steppengewässern 20
Flora und Fauna 23
Salzgehalt der Seen 23
Beschreibung einiger Salzseen 25
Die Salzböden (Statistik. Ausdehnung) 33
Unterschied zwischen Walachei und Moldau 34
Vorkommen der Salzböden 34
Aussehen und Erkennen der Salzböden 35
Vegetation der Salzböden 36
Beschreibung und Untersuchung einiger Salzböden 38
Die Salzböden von Stavaresci-Amara 38
Die Salzböden von Suditzi, D. Buzeu 49
Einige Salzböden der oberen Moldau 54
Die Salzböden von Cotnari, D. Jassy 55
Die Salzböden von Sipote 55
Die Salzböden von Codreni, D. Dorohoi 58
Die Entstehung der Salzböden 59
Literatur 59
Die Verwitterung in der Steppe 60
Entstehung der Salze in der Steppe 61
Bildung und Anhäufung der Zeolithe 61
Bildung der Salzböden 63
Die Abarten der Salzböden 65
Gipsablagerungen der Meeresküste 67
Klassifikation der Salzböden 68
Die Urbarmachung der Salzböden 68
I. Keimungsversuche 69
II. Weitere Keimungsversuche 73
III. Vegetationsversuche 75
IV. Vegetationsversuche mit Bodenprofilen 86
Gesamtergebnisse der Versuche 87

Seite

Schädlichkeitsgrenze der Salze 88
Die relative Schädlichkeit der verschiedenen Salze 90
Physikalische Mängel der Salzböden 92
Die Melioration der Alkaliböden 95
Bewässerung und Drainage 95
Bebauung und Verbesserung der Alkaliböden ohne Drainage 96
Neutralisierung des schwarzen Alkali 97
Fruchtbarkeit der Salzböden 98
Literatur 100
Tabellen, Diagramme, Aufnahmen:
Tabelle I 2
„ II 3
„ III 18
„ IV 26
„ V 28
Diagramme I—IV . . . . . 39—41
Tabellen VI—X . . . . . 44—48
Diagramme V und VI 50
Tabellen XI—XIII . . . . . 52—54
„ XIV—XVI . . . . . 56—58
„ XVII—XIX . . . . . 70—74
Photographische Aufnahmen I—V . . . . . 76—77
Tabellen XX—XXIV . . . . . 82—85
„ XXV und XXVI . . . . . 90—91

Einleitung.

Die Salzböden sind eine schon im klassischen Altertum bekannte Erscheinung. PLINIUS berichtet, dass in Pannonien der Boden Salz auswittere, welches zusammengekehrt werde. Solche Kehrplätze fanden sich ausserdem auch in Ägypten und Nordafrika; das auswitternde Salz war dort in früheren Zeiten unter dem Namen Trona im Handel sehr gesucht, da es grösstenteils aus Soda bestand, bis die künstliche Herstellung dieses Salzes die Ausbeute der Sodakehrplätze nicht mehr lohnend machte. Damit war die einzige Ertragsquelle solcher Böden versiegt, denn ihre Kulturunfähigkeit galt als erwiesen. Dieses volkstümliche Vorurteil liess die Versuche zur Urbarmachung der salzreichen Böden als aussichtslos unterbleiben.

Erst in den letzten Jahrzehnten hat man in den landwirtschaftlich hochentwickelten Vereinigten Staaten von Nordamerika mit der wissenschaftlichen Erforschung der Salzböden begonnen, die an der Hand praktischer Versuche bewies, dass sie nicht nur kulturfähig, sondern bei richtiger Melioration äusserst fruchtbar sind.

Nach amerikanischem Muster sind dann die russischen und ungarischen Böden erforscht worden, wobei es sich ergab, dass sie im allgemeinen mit den amerikanischen übereinstimmten.

Die ausländischen Forschungen auf diesem Gebiet geben aber noch kein vollkommen abgeschlossenes Bild; auch sind die Originalarbeiten vielfach in weniger bekannten Sprachen veröffentlicht.

Rumänien, dessen Ödländereien 1766737 ha, über $13^1/_2\,\%$ der Gesamtfläche des Landes, umfassen, besitzt Salzböden, deren Ausdehnung, Art und Kulturfähigkeit noch nicht untersucht worden sind. Das Fehlen solcher Studien lässt sich daraus erklären, dass bis jetzt dem Ackerbau grosse Flächen von Wiesen, Weiden und Neuland zur Verfügung standen, auf deren Kosten er sich ausbreiten konnte. Am besten lässt sich dies aus der beigefügten Tabelle I ersehen, die uns über die Verschiebungen in der Verteilung der Landesfläche innerhalb der Frist 1860—1905 Aufschluss gibt.

Tabelle I.

Veränderungen in der Verteilung der Bodenoberfläche Rumäniens in der Periode 1860—1905.

Benutzungsart des Bodens:	Oberfläche in Hektaren		Oberfläche in Prozenten der Gesamtfläche	
	1860[1])	1905	1860[1])	1905
1. Äcker und Brachland	2 494 220	6 001 415	19,80	46,07
2. Obst- und Weingärten . . .	105 130[2])	184 807	0,85	1,42
3. Natürliche Wiesen	1 046 610	491 126	8,85	3,77
4. Natürliche Weiden	3 043 230	1 014 015	24,29	7,78
5. Forsten (ohne Lichtungen) . .	2 233 200	2 282 300	17,82	17,52
6. Gewässer und Sümpfe . . .	807 300	807 300	6,44	6,19
7. Bebaute Flächen	167 010	270 000	1,33	2,07
8. Wege und Eisenbahnen . . .	2 633 000	200 000[1])	21,04	1,53
9. Ödland		1 766 807		13,55
	12 529 700	13 026 763	100,52	99,90

Wir erkennen daraus, dass die Ackerfläche sich innerhalb 45 Jahren um über 140 % vergrössert hat, dass aber $^{8}/_{10}$ dieser Vergrösserung des Ackerareals auf Kosten der Wiesen und Weiden entfallen, während der landwirtschaftlich unbenutzte Boden nur 20 % des Zuwachses hergab, die grösstenteils aus Neuland und sonstigen leicht kultivierbaren Böden bestanden, während grössere Meliorationen nicht unternommen wurden.[3])

Eine weitere Ausdehnung des Ackerlandes auf Kosten der Wiesen, Weiden oder Wälder ist aber volkswirtschaftlich nicht ratsam, wie ein Vergleich der prozentischen Verhältniszahlen mit den in Tabelle II angegebenen der kulturell weiter fortgeschrittenen Länder Deutschland, Frankreich, Österreich, Ungarn ergibt.

(Siehe die Tabelle II auf S. 3.)

In letzter Zeit zeigten sich auch in Rumänien Bestrebungen zur Ausdehnung der Viehzucht gegenüber dem Körnerbau. Dieses würde neben der Erhaltung der jetzigen Wiesen auch die Anlegung künstlicher Wiesen auf Kosten des Ackerareals zur Folge haben. Die durch die Gesetzvorlage von 1907 geschaffenen Kommunalweiden haben grosse Flächen des Ackers in Weide und Wiese zurückverwandelt. Wenn wir dagegen das Verhältnis der Ödländereien zur Gesamtoberfläche in den anderen Kulturstaaten mit

[1]) Die Daten für 1860 nach Jormescu und Popa Burca Harta Agronomică a României, Buk. 1909; die anderen Daten nach der Statistik des Ackerbauministeriums für 1905.

[2]) Ohne Pflaumengärten.

[3]) Es wäre hier nur die Aufforstung der Wanderdünen auf den Staats- und Krondomänen sowie einigen privaten Grossgütern zu erwähnen, die durch Rodungen anderer Wälder mehr als übertroffen wird. Die Vermehrung des Waldareals ist auf genauere Schätzung in der letzten Zeit zurückzuführen.

Rumänien vergleichen, so zeigt sich, dass der Prozentsatz in diesen meist geringer ist, es könnte also auch in Rumänien eine Verminderung der unbenützten Bodenflächen stattfinden, zumal die modernen Hilfsmittel eine Erschliessung der meisten rumänischen Ödländereien ermöglichen. Dass die Urbarmachung der rumänischen Salzböden dem nationalen Vermögen grosse Vorteile bringen würde, ist leicht ersichtlich, wenn man bedenkt, dass in den fruchtbarsten Weizengegenden stellenweise Areale bis zu 500 ha und mehr daraus bestehen, so dass sie entweder vollständig brach liegen oder nur eine kümmerliche Vieh- resp. Schafweide abgeben, deren Nutzwert in keiner Weise mit den in fortwährendem Steigen begriffenen Boden- und Pachtpreisen steht. Auch liegt die Möglichkeit der Bewässerung im rumänischen Steppengebiet in engem Zusammenhang mit dem Vorhandensein von Salzböden, deren genaue Erforschung dringend nötig ist, wenn man hierbei nicht dieselben traurigen Erfahrungen machen soll wie in Kalifornien, Indien und Russland.[1]) Die Bewässerungsfrage wird aber immer mehr in letzter Zeit angeregt und ist auch bei der mit staatlicher Hilfe vorbereiteten Regulierung des Donauüberschwemmungsgebietes in Aussicht genommen.

Tabelle II.

Verteilung der Bodenoberfläche Rumäniens, verglichen mit verschiedenen europäischen Staaten.

	Rumänien %	Deutschland %	Frankreich %	Österreich %	Ungarn %
Acker	43,2	45,9	42,9	32,4	37,2
Brachland	4,1	2,3	6,3	3,1	4,5
Obst- und Weingärten	1,5	1,1	4,1	2,0	2,1
Natürliche Wiesen und Weiden	11,9	16,2	11,1	19,1	23,3
Forsten	18,0	26,2	17,8	32,6	27,3
Gesamte benutzte Fläche	78,7	91,7	82,2	89,2	94,9
Wege, Bauplätze und Ödländereien	21,3	8,3	17,8	10,8	5,1
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Ich glaube daher, dass die Zeit gekommen ist, um auch dieses Gebiet der rumänischen Landwirtschaft in ein näheres Studium hineinzuziehen.

Bei dem Mangel der notwendigsten Vorstudien, zumal an Analysen von Salzböden und Gewässern, Untergrundwasseruntersuchungen und ausreichenden meteorologischen Beobachtungen kann es sich bei meiner Arbeit nicht um eine endgültige Lösung aller vorkommenden Fragen auf diesem Gebiete handeln, sondern es konnten nur die allgemeinen Gesichtspunkte

[1]) Siehe Hilgard, Verteilung der Salze in Alkaliböden; Wollny, Forschungen Bd. XIX, 1896, S. 24; Über den Einfluss des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des Bodens; Wollny, Forschungen Bd. XVI, 1893.

aufgestellt und die aus einzelnen Beispielen und Versuchen sich ergebenden Fragen erörtert werden. Es wäre jedoch zu wünschen, dass diese Arbeit eine Anregung zu weiteren Forschungen auf diesem Gebiet geben werde.

Allgemeine Betrachtungen.

Die Gesteine der Erdoberfläche unterliegen bekanntlich durch die Einwirkung der klimatischen Faktoren einem andauernden Verwitterungsprozesse, als dessen Resultat die Böden anzusehen sind.

Die Bestandteile der meisten Böden erfahren hierbei noch eine örtliche Umlagerung, wodurch die genaue Erforschung der bei der Verwitterung erfolgten chemischen Veränderungen des Bodens sehr erschwert wird; denn nur bei den primären, nicht umgelagerten Böden lässt sich mit Sicherheit das Muttergestein und damit die ursprüngliche chemische Zusammensetzung ermitteln.

Untersuchungen solcher Böden und ihres Muttergesteines nach Aufschliessung der Silikate, sog. Elementaranalysen, haben gezeigt, dass in der (primären) Oberkrume eine Zersetzung der schwerlöslichen Silikate stattgefunden hat, wobei sich Kieselsäure und Tonerde abscheiden und die daran gebundenen Basen der Alkalien und Erdalkalien sich in Karbonate, Sulfate und Chloride verwandeln; als Zwischenstufe werden die wasserhaltigen Silikate oder Zeolithe gebildet.

Ein Vergleich des Prozentanteils der Basen an der (Gesamt-) Zusammensetzung des Bodens zeigt in der Oberkrume eine starke Verminderung des Natron- und Kaligehaltes sowie der Erdalkalien Kalk und Magnesia gegenüber dem Muttergestein. Der Kalk und die Magnesia finden sich oft als Karbonate im Untergrund wieder, die Alkalien dagegen höchst selten.

Ausgehend von der Annahme, dass die jeweilig kleinere Korngrösse einer stärkeren Verwitterungsstufe entspricht, haben in neuerer Zeit Puchner in Wien und Dr. Busch in Halle Elementaranalysen der einzelnen Korngrössen des Feinbodens angestellt. Die Analysenresultate zeigten auch hier im Durchschnitt eine fortschreitende Verminderung des Alkalien- und Erdalkaliengehaltes durch die Verwitterung.

Zahlreiche Drainwasseruntersuchungen[1]) haben gezeigt, dass diese Stoffe durch das Regenwasser aufgelöst werden und als Sickerwasser in den Drainröhren oder, bei natürlicher Drainage, in dem Untergrundwasser ihren Abfluss finden.

Der Kreislauf des Wassers in der Natur ist der folgende: Die aus dem Meer aufsteigenden Wasserdämpfe werden durch die Luftströmungen aufs Festland geführt, wo sie als Regen oder Schnee niederfallen. Die Feuchtigkeit dringt in den Boden ein, sammelt sich im Untergrund und fliesst dann durch die Quellen und Flüsse ins Meer zurück.

[1]) z. B. P. P. Déherain, Ann. agr. 1889, Nr. 6; 1892, Nr. 6.

Hierbei findet eine Auslaugung des Bodens statt, indem die durch die Verwitterung und Vegetation gebildeten löslichen Salze vom Wasser hinweggeführt werden. Da die Sickerwasser sich in den Meeresbecken sammeln, wo das Wasser verdunstet, während die Salze zurückbleiben, so finden wir in der Zusammensetzung des Meerwassers das Gesamtresultat dieses Auslaugungsprozesses. Nach Regnauld beträgt die mittlere Zusammensetzung des Meereswassers:

$NaCl$	2,700	$S = 3{,}505\,\%$
KCl	0,070	
$CaSO_4$ (wasserfrei)	0,140	
$MgSO_4$	0,230	
$MgCl_2$	0,360	
$MgBr_2$	0,002	
$CaCO_3$	0,003	
H_2O und Verlust	96,495	
	100,00	

Es entfallen demnach von den $3{,}505\,\%$ Salzen etwa $75—80\,\%$ auf Kochsalz, dann folgen Magnesiumsulfat und Chlorid nebst Gips und in geringen Mengen auch Kaliumchlorid. Alle diese Salze werden von den Pflanzen wenig benötigt, nur das Kali gehört zu den wichtigsten Pflanzennährstoffen. Es findet also durch ihre Auslaugung nur eine beschränkte Verminderung der Bodenfruchtbarkeit statt. Andererseits wirken diese Salze, und namentlich das Kochsalz in grösseren Mengen direkt schädigend auf das Pflanzenwachstum ein, wie Wohltmann durch Düngungsversuche mit letzterem in Bonn-Poppelsdorf festgestellt hat.[1])

In den meisten Gebieten der Erde reichen die Niederschläge aus, um die im Boden durch die Verwitterung gebildeten schädlichen Salze auszulaugen. In den Wüsten und Steppengebieten sind die Regen hierfür zu gering, die Salze häufen sich allmählich im Boden an und treten in den trockenen Jahreszeiten als weisse Auswitterungen zutage. Hilgard konnte im Zentraltal von Kalifornien einen innigen Zusammenhang zwischen der örtlich fallenden jährlichen Niederschlagsmenge und der Anhäufung der Salze im Boden nachweisen.

Dem dort von Norden nach Süden abnehmenden Regenfall zeigte sich eine entsprechende Zunahme der Salzböden. In Gebieten gleicher Regenmengen war auch die Stärke der Salzauswitterungen auf ähnlichen Böden gleich.

Diese Beobachtung hat sich auch für die regenarmen Gebiete aller 5 Erdteile bestätigt, deren Boden durchweg salzhaltig ist.

Die Grenzen der Steppengebiete bildet die Isohyete der Orte mit 500 mm jährlichen Regenfalls. Nach Hilgards Untersuchungen ist dieses

[1]) Siehe VII. Bericht des Instituts für Bodenlehre und Pflanzenbau der Landwirtschafts-Akademie Bonn-Poppelsdorf, 1904.

auch in Kalifornien die Grenze der Verbreitung der Salzböden. In Indien, Ungarn und auch in Rumänien wird diese Grenze von den Salzböden stark überschritten, eine Erscheinung, die auf die lokalen Klimate und Bodenverhältnisse zurückzuführen ist.

Es wird daher dienlich sein, diese erst einer kurzen Betrachtung zu unterziehen.

Rumäniens Klima.

Rumänien liegt zwischen 22° 20′ bis 29° 4′ östlicher Länge und 43° 38′ bis 48° 20′ nördlicher Breite, also in derselben nördlichen gemässigten Zone wie Ungarn, Österreich, die Schweiz und Süddeutschland, Mittel- und Nordfrankreich.

Es wird aber nach Westen und Nordwesten durch das bis über 2600 m aufsteigende Karpathengebirge abgeschlossen, während es im Osten und Nordosten ohne eine klimatische Grenze in das Steppengebiet der südrussischen Ebene übergeht und im Süden durch die anschliessende bulgarische Ebene an die klimatische Zone des Mittelmeergebietes angrenzt.

Von diesen beiden Zonen wird das Klima Rumäniens in seinem allgemeinen Charakter beeinflusst. Durch die grossen Temperaturschwankungen zwischen dem glühend heissen Sommer und dem eisigen Winter, sowie durch die Verteilung der grössten Regenmengen auf den Sommer zeigt Rumäniens Klima den kontinentalen Charakter Südrusslands und Westsibiriens,[1]) zumal in dem Gebiet der Ebene. Dagegen erinnert die südliche Ebene der Walachei durch ihre grosse Sonnenscheindauer und die starke Abnahme der Luftfeuchtigkeit im Sommer an die Mittelmeerregion.

Lokal wird das Klima in Rumänien von der Nähe der Karpathen resp. der Meereshöhe bestimmt. Das Schwarze Meer selbst begrenzt nur den südöstlichen Teil Rumäniens, die Dobrutscha und hat auch nur auf das Klima dieses Gebietes einen gewissen Einfluss. Der Rest des Landes zeigt einen vollkommen kontinentalen Charakter, doch lassen sich auch hier zwei in ihren Hauptcharakteren verschiedene Gebiete unterscheiden, die Moldau und die Walachei, denen sich als drittes die Dobrutscha anschliesst.

Moldau und Walachei.

In den beiden ersten Landesteilen sondern sich nach der Niveauhöhe resp. Regenmenge drei Zonen ab: 1. das Gebirgsland, 2. das Hügelland und 3. die Ebene. Entsprechend der Richtung der Karpathen verlaufen diese Zonen in der Moldau von West nach Ost, in der Walachei von Nord nach Süd. In der Walachei und Dobrutscha überwiegt die Ebene, in der Moldau das Hügelland, doch wird der Teil östlich des Sirethflusses als zur Ebene gehörig betrachtet.

[1]) Siehe Woeikof, Klimate der Erde. Jena 1887, Bd. II, S. 183 und Prager, Klimatographie Rumäniens. Halle a. S., 1908, S. 36.

Die durchschnittlichen Niederschlagsmengen betragen:

1. im karpathischen Gebiet über 900 mm,
2. im Hügelgebiet 900—700 mm,
3. in der Ebene 700 bis unter 400 mm.

Da die Regenmengen in den ersten zwei Gebieten für eine vollständige Auslaugung des Bodens genügen, so ist es nicht verwunderlich, dass die Salzböden nur im dritten Gebiet, der Ebene, anzutreffen sind.

Nach den Niederschlagsmengen teilt Prager die Ebene in zwei Regionen ein: 1. das feuchtere Feldgebiet mit 500—700 mm jährlicher Regenhöhe, 2. das Steppengebiet mit weniger als 500 mm. Neben Pragers Klimakarte besitzen wir noch eine solche von G. Murgoci, in welcher auch die Regionen zwischen den Hundertisohyeten verzeichnet sind, wobei aber in der Führung der Isohyeten auch das Relief des Bodens sowie die Ausdehnung der Wälder in Betracht gezogen wurden, zwei Faktoren, die nicht ohne Bedeutung sind.

Nach Prager bildet das Steppengebiet 9 vereinzelte Inseln, während Murgoci dieses Gebiet vereinigt zeichnet, was auch mehr den zonalen Bodenformationen entspricht. Dies Gebiet beginnt nach Murgoci an der Mündung des Jiuflusses in der kleinen Walachei, wird aber von der Donau durch einen breiten Streifen mit 500—600 und auch 700 mm abgeschlossen, der von der kleinen Hafenstadt Corabia bis beinahe zur Donaubrücke bei Fetesti reicht;[1]) dort überschreitet das regenarme Gebiet die Donau und nimmt fast die ganze Dobrutscha ausser dem Nordwesten ein. Zugleich verbreitet es sich in der Walachei nach Norden bis zu den Hügeln zum grossen Steppengebiet des Bărăgan und hat in der Moldau bis Roman den Sirethfluss nach Westen als Grenze; von da ab nimmt es mit verschiedenen Ausbuchtungen die östliche Hälfte des Landes zwischen Sireth und Prut ein. Darin finden sich in der zentralen Moldau zwei Inseln mit höheren Niederschlägen, ebenso findet sich eine Insel von 500—600 mm im östlichen Bărăgan zwischen der Donau, dem unteren Laufe des Buzĕu und der Jalomitza.

Wenn wir die beiden Karten vergleichen, so ist zu bemerken, dass Prager nach seinen eigenen Tabellen das Gebiet der Steppe zu klein gezeichnet hat.[2])

---

[1]) Dieser Streifen kann nach Pragers Tabellen, die auch 1906 berücksichtigen, nicht als erwiesen anerkannt werden.

[2]) Es fehlen darin die Orte Leu (Distrikt Romanati 491 mm), Striharetz (Distrikt Olt 482 mm) und Heresti (Distrikt Ilfov 443 mm). Der letztgenannte Ort ist irrtümlich sogar von der Isohyete 600 eingeschlossen, während er in Wirklichkeit das Bindeglied zwischen der 3. und 4. Insel bildet, ebenso wie Prager für die Trennung der 2. und 3. Insel keinen Ort mit höheren Niederschlagsmengen im Zwischengebiet angibt. Auch können Bărcânesci (475 mm), Rosiori de Vede (435 mm), Alexandria (465 mm), Armăsesci (432 mm), Năməloasa (445 mm), Tudor-Vladimirescu (455 mm), Bărlad (426 mm), Bacău (437 mm), Jassy (477 mm), Sinesti (478 mm) unmöglich von den Jsohyeten 500 getroffen werden.

Nach der Ausdehnung des Steppenbodens zu schliessen, wäre das Steppengebiet noch grösser, als Murgoci es zeichnet, was sich dadurch erklärt, dass auch die Grenzzahlen über 500 hierher zu rechnen sind und von den meisten Stationen nur Beobachtungen kurzer Perioden, von 3 bis 5 Jahren, vorliegen, die nicht als ausreichend gelten können (siehe auch das folgende Kapitel). Andererseits hat Murgoci Rastu und Leu in Dolj ebenfalls aus gelassen, auch weichen seine Tabellenangaben stark von denen Pragers ab, was darauf zurückzuführen ist, dass letzterer auch das Jahr 1906 mitgerechnet hat.

Man kann überhaupt noch keine sicheren Klimakreise aufstellen, da erstens die Anzahl der Beobachtungsstationen zu gering ist (3 Regenmesser auf 1000 qkm, während nach Maskart, dem Direktor des zentralen meteorologischen Bureaus Frankreichs, mindestens 4 auf diese Fläche notwendig sind). Viele Stationen liegen auch ungünstig an Flussläufen und in Tälern, wo der Schutz vor Wind und die Regenarmut der Flussniederungen störend einwirken, so dass die Daten für das angrenzende Hochplateau nicht massgebend sind. Es fehlt ausserdem ein für die Steppe hochwichtiges Moment: Beobachtungen über die Verdunstung. Die bis jetzt konstruierten Evaporimeter haben alle ihre grossen Fehler und weichen von den Vorgängen in der Natur bedeutend ab. Es könnten jedoch einige gleiche Apparate in den Gegenden mit ähnlichem Regenfall, doch sonst abweichendem Klima, wie wir sie in der Moldau und Walachei finden, hierfür wertvolle relative Zahlen geben. Auch durch Beobachtungen über die Verdunstung der abflusslosen Seen liessen sich interessante Daten feststellen, die zugleich Aufschluss darüber geben würden, ob diese noch unterirdische Zuflüsse empfangen oder nicht.

Wir besitzen bis jetzt nur ein Evaporimeter Pichon in Brăila, das nach Pragers Angaben ungünstig untergebracht ist; dennoch sind die in dreijähriger Beobachtung gesammelten Daten ganz interessant, zumal wenn wir die Verteilung auf die Jahreszeiten berücksichtigen und sie zugleich mit der relativen Feuchtigkeit und den Niederschlagsmengen vergleichen.

	Niederschläge		Relative Feuchtigkeit		Verdunstung	
		%		%		%
Winter	87	20,5	82,7	116,0	12,6	0,3
Frühjahr	111	26,1	69,0	96,0	244,9	26,4
Sommer	139	32,7	62,7	87,4	470,3	50,6
Herbst	88	20,7	72,8	100,6	200,7	21,7
	425	100,0	287,2	400,0	928,5	100,0

Wir sehen hieraus, dass die Verdunstung des Jahres fast das Doppelte der Niederschläge erreicht.[1]) Bei der Prozentverteilung auf die Jahres-

[1]) Die Wände des Evaporimeter unterliegen einer stärkeren Erhitzung als die Bodenteile, auch wird durch das Austrocknen der Oberkrume die Verdunstung des Bodens bedeutend vermindert. Ebenso berichtet Prager, der Apparat sei den Winden stark ausgesetzt.

zeiten zeigt es sich, dass im Frühjahr und Herbst sich Regen und Verdunstung gleich verhalten, nur handelt es sich, wie gesagt, bei der Verdunstung um doppelt so grosse Mengen.

Während der Winter, auf den $^1/_5$ der Niederschläge entfallen, für die Verdunstung gar nicht in Betracht kommt, beträgt im Sommer die verdunstete Wassermenge das Vierfache der Niederschläge, und prozentual war das Verhältnis 50 % zu 32 %. Am höchsten ist die Verdunstung in den Monaten August und Juli, die zusammen über $^1/_3$ der jährlichen Verdunstung ausmachen.

Die Steppengebiete Rumäniens zeigen hierdurch einen ausgesprochen ariden Charakter.

Einen grossen Unterschied weisen die Klimate der Moldau und Walachei hinsichtlich der Temperaturen untereinander auf.

Während die Jahrestemperatur der Walachei in der Ebene 10—11° und darüber beträgt, bleibt die Moldau von der 10°-Isotherme ausgeschlossen, mit Ausnahme des südöstlichen Distrikts Covurlui. Die Isothermen von 9° und 9,5°, die das Hügelgebiet in der Walachei annähernd gegen die Ebene und gegen das karpathische Gebiet abgrenzen, wenden sich in der Moldau der Ebene zu und reichen bis an den Prut. Der nördlichste Teil hat zwischen 8—9° als jährliches Mittel.

Die Anzahl der Frost- (min. $\leq 0°$) und Eistage (max. ≤ 0) ist in der Moldau grösser, die der Sommertage geringer als in der Walachei. Dementsprechend zeigt die Moldau die höchste Anzahl der Schneetage und der Boden bleibt hier viel länger mit Schnee bedeckt als in der Walachei. Es ist dies wohl darauf zurückzuführen, dass die hier vorherrschenden Winde von NNO in Mittelrussland ebenfalls über grosse Schneeflächen streichen und sich erst nach dem Schmelzen derselben erwärmen können.[1])

Ebenso zeichnet sich die Moldau durch ein grosses Minimum der Luftfeuchtigkeit in den Monaten April, Mai aus, während in der Walachei die Monate Juli-August die trockenste Luft haben; nur in den Gebirgen ist dasselbe Minimum wie in der moldauischen Ebene.

Die grössere Sonnenscheindauer in der Walachei kann auf den Einfluss der Nähe des Mittelmeergebietes zurückgeführt werden.

Die Dobrutscha.

Der dritte Landesteil, die Dobrutscha, weist vier Klimazonen auf: 1. das Hügelgebiet mit Höhen bis 450 m, das zwischen 700—800 mm Niederschläge hat und dem der Walachei ähnelt; 2. die Ebene ist nicht vollkommen flach, sondern von kleinen Anhöhen durchzogen und weist im Süden ein steiniges, karstähnliches Gebiet mit felsigem Boden auf. Die Niederschlagshöhe liegt gleich der im Westen angrenzenden walachischen Ebene zwischen 700 und 400 mm, doch weist sie im Südosten am Meer

[1]) Woeikof, l. c., Bd. I.

auch eine Region mit unter 400 mm auf, ebenso hat die 3. Zone des Deltas und der grossen Seen unter 400 mm. Das Delta ist ein riesiges Sumpfgebiet mit süssem Wasser, dessen Boden grösstenteils unter dem Niveau des Meeres liegt, von dem es durch mehrere Reihen von Dünenzügen getrennt ist. Ein ähnlicher Dünenzug bildet auch im Innern die Inseln Letea und Caraomer, auf denen sich zwischen dem Flugsand in den Tälern Salzauswitterungen zeigen. An das 270 qkm grosse Delta schliesst sich im Südosten das Gebiet der grossen Seen an, das auch durch die Ablagerungen der Donau aufgefüllte oder eingedeichte Meeresteile darstellt. Das Wasser dieser Seen ist teils süss, teils salzig; 4. das Küstengebiet hat eine Länge von ca. 130 km und nur geringe Breite. Es weist in seinem Klima den mildernden Einfluss des Meeres am deutlichsten auf: die Höhe der Niederschläge ist etwas geringer als in der Ebene, teilweise unter 400 mm, was aber durch den höheren Feuchtigkeitsgehalt der Luft ausgeglichen wird. Ebenso ist der Sommer kühler und der Winter weniger streng als in der walachischen Ebene. Z. B. ist hier die Zahl der Frost- und ebenso der Sommertage um $^1/_3$ geringer als im Durchschnitt der Ebene.

Hinsichtlich der Luftfeuchtigkeit zeigt die Dobrutscha Ähnlichkeit mit der walachischen Ebene. Das ausgesprochenste Minimum entfällt meist auf die Monate Juli, August, ebenso herrschen im allgemeinen die Sommerregen vor, wenn auch in weniger ausgesprochener Weise wie in der walachischen Ebene.

Die Geologie der rumänischen Ebene.

Was die Bodenformationen der Ebene anbetrifft, so zeigen dieselben innerhalb grosser Gebiete gleiche Beschaffenheit und der fast horizontale Verlauf der Schichten lässt die Entstehung derselben leicht erkennen. Wir finden demgemäss in der kleinen Walachei im Norden Pliocen (Mergel, Lehme und Sande), im Süden Diluvium (Sand, Löss und Schwarzerde), in der grossen Walachei nur Diluvium. Die südliche Moldau gehört dem Pliocen an, im Zentrum und Norden herrschen die Mergel und Tone des oberen (sarmatischen) Miocen vor.

Diese allgemeinen Grundlagen sind durch die Ablagerung des Lösses und die Bildung zonaler Verwitterungsböden verändert worden, und so finden wir im Nordosten, Osten und Süden der Moldau Steppenboden und Schwarzerde (Tschernosem), eine Bildung, die auch den ganzen Osten der walachischen Ebene bis zum Hügelgebiet und die Dobrutscha bedeckt und sich als ein verschieden breiter Streifen längs der Donau über ca. $^1/_3$ der Ebene bis in die kleine Walachei erstreckt. Im Zentrum wird dieser Streifen durch das Vorrücken des Waldes von Vlăsia eingeengt, der die zwei grössten Steppen der Walachei, den Bărăgan und Burnas voneinander scheidet. Der Rest, $^2/_3$ der Ebene, ist mit rotbraunem (Eichen) Waldboden und in der Nähe der Hügel mit grauem oder gelblich grauem Podsol

bedeckt.[1]) Letztere Bodenart findet sich auch im zentralen und zentralnördlichen Teil der Moldau wieder. Da der Zentralteil der Moldau gegenwärtig zu den regenarmen Gebieten mit unter 500 mm Niederschlägen gehört, so ist hier das Vorkommen von Podsol ein äusserst interessantes Phänomen, das auch noch keine genügende Erklärung gefunden hat.

Für uns ist die Tatsache bedeutend, dass Salzböden in diesem Gebiet nicht vorkommen resp. nicht vorkommen können, da die Podsolbildung eine starke Auslaugung des Bodens voraussetzt; daher sind die Salzböden auf die schmalen Streifen von Steppenboden und Schwarzerde beschränkt.

Die Geologie der Walachei.

Betrachten wir nun die Entstehung dieser Bodenarten, die am charakteristischsten in den grossen Steppengebieten der ostwalachischen Ebene, dem sog. Bărăgan, ausgebildet sind.

Der Boden besteht hier durchweg aus Ablagerungen des quaternären Diluviums, nur vereinzelt treten die tertiären Sande, Tone und graue Mergel an den tief eingeschnittenen Betten der Flüsse und den Terrassen der Donau zutage.[2])

Zwei Sonderbohrungen zu Mărculesci (763 m) und Bukarest-Filaret (1008 m) haben ergeben, dass unterhalb der quaternären Schichten mächtige tertiäre Ablagerungen vorhanden sind. Bei Mărculesci reichen die levantinischen und pontinischen Schichten bis 200 m, die sarmatischen bis zu 320 m Tiefe, während in Bukarest selbst bei über 1000 m Tiefe noch immer die dem Pliocen (oberen Tertiär) angehörenden Mergel und Tone angetroffen wurden. Hier scheint der tiefste Teil der Senkung gewesen zu sein, die in dem vorsarmatischen Zeitalter zwischen den Karpathen und dem Balkan existierte und durch das von den Gebirgswässern herabgeschwemmte Material allmählich ausgefüllt wurde. Diesen sedimentären Schichten wurde in der quaternären Periode noch eine geringe Süsswasserschicht von Grobsand und Geröll überlagert, auf der die Auflagerungen von Sand und Löss erfolgten, doch fehlt an manchen Orten diese Schicht. Wenn Löss und Sand im allgemeinen auch eine gleichartige Bildung aufweisen, die das Vorherrschen eines ariden Klimas für die Zeit ihrer Entstehung voraussetzt, so sind doch die Unterschiede der Schichten in den einzelnen Gegenden sehr gross.

Das am gründlichsten erforschte Gebiet, die östliche walachische Steppe, der sog. Bărăgan, umfasst vier Ebenen: 1. die der Jalomitza, 2. des Călmătzui, 3. des Rîmnik und 4. die Ebene von Brăila. Alle zeigen eine ziemlich gleichmässige Bildung. Der Lauf der Gewässer war ursprünglich von Nordwest nach Osten oder Südosten gerichtet. Das südliche

[1]) Murgoci, Bericht des Geolog. Institutes zu Bukarest (Raport asupra lucrărilor Sectiunei Agrogeologice), 1906—1907. Bukarest 1908.

[2]) Murgoci, La Plaine Roumaine et la Balte du Danube; Raport aux Congrès international du Pétrol. Bukarest 1906.

Ufer der Gewässer wird von einer steil abfallenden Hochebene gebildet, die nach Süden geneigt ist, in der Mitte fast horizontal verläuft und in allmählicher Senkung bis zum Wasserspiegel des südlich sie begrenzenden Flussbettes abfällt. Das Profil ergibt meist eine sandige Unterlage der Höhen, die von Sand-Löss und Löss überlagert ist.

Die Entstehungsweise dieser Hochebene, die von Murgoci als prähistorische Vordünen erkannt worden, kann auf folgende Art erklärt werden: Die aus den Karpathen herabströmenden Flüsse führten Sand und Mineralstaub mit, der nach dem Ablauf des Hochwassers in dem ausgetrockneten Teil des Flussbettes zurückblieb, den Ton führte das Wasser fort. Das Klima dieser Epoche war sehr arid; unmittelbar nach dem Hochwasser setzte die Dürreperiode ein und verhinderte die Entwicklung einer Vegetationsdecke auf dem frisch abgelagerten Schlamme des Bachbettes. Der ausgetrocknete Boden wurde durch die hier vorherrschenden Nord-, Nordost- und Ostwinde hinweggetragen und am linken Ufer angehäuft; es fand hierbei gleichzeitig eine Sortierung statt: Die schweren Körner, die der Wind nicht heben konnte, wurden zu hohen, schmalen Vordünenzügen unmittelbar am Ufer des Gewässers aufgeschichtet, der feinere Sand emporgehoben und bildete dann dahinter breitere, niedrigere Dünen zweiter Ordnung; die feinsten Staubteilchen aber wurden auf noch grössere Entfernungen weggeführt und als Löss abgelagert. Daher zeigt es sich, dass, je weiter man sich vom Wasserlauf entfernt, auch die Mächtigkeit der Sandablagerungen abnimmt und diese allmählich in Löss übergehen, der dann bis zu 30 und 40 m Tiefe vorherrscht und teilweise unmittelbar dem tertiären Tone aufgelagert ist.[1])

Der feine Mineralstaub, der den Löss bildet, wurde vom Winde nicht nur weit fortgeführt, sondern es wurden, wie dies beim Schneewehen im Winter oft vorkommt, damit auch die Vertiefungen ausgefüllt und die Höhen eingeebnet. So entstanden die Lösstafeln, welche die Vordünen und dazwischen befindlichen Senkungen überdeckten.[2])

Die Bildung einer Rasendecke auf den Dünen des Flussufers hatte zur Folge, das die Beweglichkeit derselben gehemmt wurde und sich über dem Sande Lössand, Sandlöss und zuletzt Löss ablagerte, da die Grasnarbe auch die feineren Staubkörner festhielt.

Durch die von den Pflanzen angehäufte organische Substanz bekam der Boden eine braune bis schwarze Farbe, je nach dem Gehalt an Humusstoffen. Der Löss verwandelte sich an solchen Stellen in Schwarzerde (Tschernozem). An manchen Orten finden sich im Profil mehrere abwechselnde

[1]) Murgoci, La Plaine Roumaine et la Balte du Danube. Congrès International du Pétrol, S. 231. Bukarest 1906. Carol Goebls Verlag.

[2]) Neben dem Schlamm und Mineralstaub der Donau und ihrer Zuflüsse wurden auc manche ursprünglich sedimentäre Bodenarten in den Perioden der Dürre vom Winde umgelagert und ihre feineren Bestandteile zur Lössbildung herangezogen. Noch heute ist z. B. auf dem Plateau von Hagieni im Sommer die Lössbildung in vollem Gange.

Schichten von Löss und Schwarzerde, was auf zeitweisen Rückgang der Vegetation durch Eintreten einer ariden Klimaperiode in diesen Gegenden schliessen lässt. Wenn die Feuchtigkeit grösser war, entstanden dunklere Böden, wenn sie gering war, hellere. Die Bildung der Lösstafeln im Bărăgan hat nun verschiedene Störungen erfahren. Nach den Studien von G. Murgoci scheint es, dass gegen Ende der quartären Periode mehrere Senkungen des Geländes zwischen dem unteren Laufe des Flusses Sireth und den Karpathen stattgefunden haben, welche dazu führten, dass die Flüsse Rîmnik, Buzĕu, Jalomitza ihren ursprünglichen Lauf nach Südosten und Osten zur Donau verliessen und sich ein neues Bett nach Nordosten und Norden zu dem Sireth, teilweise durch die schon gebildeten Lösstafeln gruben.[1]) Die verlassenen Flussbetten, von denen Buzĕu deren vier, Rîmnik und Jalomitza je eines besitzt, dienten noch einige Zeit zur Abführung der Hochwasser, versandeten aber allmählich und wurden durch das Vorrücken der am neuen Bett sich bildenden Dünen und des Lösses teilweise zugeschüttet, teilweise bildeten sich aber auch in ihnen Seen und Sümpfe, in denen sich auch heute noch das Binnenwasser sammelt.

Durch die Veränderung der Oberflächenneigung wurden auch die den grossen Flüssen zulaufenden Gewässer beeinflusst, indem ihre Wässer anderweitigen Abfluss fanden, ihre Mündungen versandeten und sie sich oberhalb ihrer Mündung zu Sümpfen und Seen verbreiterten. Solche Flusslimane finden wir eine ganze Reihe am Buzĕu und dem Jalomitzaflusse. Ausser den alten Flussläufen finden sich in dem Steppengebiet noch vereinzelte Bodenvertiefungen, die vielleicht auch Teile von früheren durch Löss und Dünensand ausgefüllten Wasserbetten sind, deren Lauf heute nicht mehr verfolgt werden kann.

Daneben kommen noch kleinere, runde Vertiefungen (doli), deren Entstehung noch nicht erklärt wurde, manche davon sind Mulden an der Grenze der alten Dünenzüge mit den Lössregionen.[2])

Die grössere Feuchtigkeit liess in den Vertiefungen und Tälern eine stärkere Vegetation entstehen, die aber in dem ariden Klima nicht zur Moorbildung führen konnte, da die meisten Gewässer während der Dürreperiode austrockneten. Es findet sich daher in den Vertiefungen ein Boden mit grösserem Humusgehalt als in der Umgebung.[3]) Durch das ablaufende Regenwasser wurden auch Pflanzenreste und tonige Teile aus den oberen Schichten in die Vertiefungen gespült, der Boden ist daher ein toniger Tschernozem. Dort wo die Wasserstauung andauerte und der Untergrund durchlässig war, konnte eine humussaure Verwitterung eintreten, die den Charakter der Podsolbildung zeigt.

[1]) Ob diese Senkungen nun vulkanischen Ursachen zuzuschreiben sind oder ob sie, ähnlich den gleichen Erscheinungen in Ungarn, durch die Volumenveränderung mächtiger untergelagerter Tonschichten entstanden sind, bleibt eine noch zu untersuchende Frage.

[2]) Murgoci, La Plaine Roumaine, S. 360.

[3]) Murgoci, Bericht des Geol. Inst. Bukarest 1908, l. c. S. 18.

Die Geologie der Moldau

ist anscheinend sehr kompliziert, da hier im Hügelland die verschiedensten Bodenschichten miteinander abwechseln. Wenn man jedoch den westlichen Teil der Moldau als eine ursprünglich zusammenhängende Hochebene betrachtet, die durch die Betten der Gewässer in Hügel geschieden wurde, und in Betracht zieht, dass manche Schichten durch den Wind umgelagert wurden und zur Bildung des Lösses dienten, ferner, dass dieser später teilweise durch das Vordringen des Waldes in Waldboden verwandelt ist, so ergibt sich auch hier das einheitliche Gesamtbild wie in der Walachei: Eine Unterlage von tertiären, sarmatischen Schichten in den tieferen Gebieten; Löss und Schwarzerde oder Waldboden und Podsol auf den Höhen. Die letzteren beiden Bildungen konnten auch auf den sedimentären Böden, soweit sie von Wäldern bedeckt wurden, entstehen.

Die Geologie der Dobrutscha

weist gegen die der walachischen Ebene grosse Unterschiede auf. Es lassen sich darin drei Regionen unterscheiden: 1. Das Hügelgebiet wird von einem durch die Verwitterung stark abgetragenen Gebirgsstock gebildet, der primäre und triasische Formationen nebst Eruptivgesteinen aufweist. 2. Die Ebene resp. Hochebene ist vollkommen von den Lösstafeln besetzt, die alle Unebenheiten der darunter liegenden Schichten ausgleichen; nur stellenweise dringen die Urgesteine als vereinzelte Hügel hervor. Sonst ist das Land ein typisches Steppengebiet, ohne einen Baum und fast ohne fliessende Gewässer. Die wenigen, die hier vorkommen, erreichen das Meer nicht, sondern versickern im Boden. Unterhalb des Lösses finden sich dieselben sarmatischen Schichten wie in der Walachei und Moldau, nur von geringerer Dicke, vor, so dass teilweise die Kalksteine der Trias, Jura- und Kreidezeit zum Vorschein kommen und in zahlreichen Steinbrüchen ausgebeutet werden; von diesen sind die berühmtesten die von Canara in der Nähe Constantzas. In Constantza selber wird die Halbinsel, auf der sich die Stadt befindet, von tertiärem oolithischem Kalkstein gebildet. Dieser wird teils von Sand, teils von Löss überlagert. Im Norden Constantzas zeigen sich unterhalb des Lösses mehrere Schichten von gelbem und rotem Ton, die sehr reich sind an Kalkkonkretionen und schön ausgebildeten Gipskristallen von lanzett- und hahnenkammförmiger Gestalt. Die Entstehung dieser Gebilde wird in einem späteren Kapitel besprochen werden. 3. Das Küstengebiet hat 130 km Länge, wird von alluvialen Ablagerungen von Sand- und Marschboden gebildet, denen die Dünen und Lagunen ein charakteristisches Gepräge geben. Der Sand der Dünen ist reich an Salzen, die sich, zumal in den Senkungen, ansammeln. Die Lagunen, deren Bildung teilweise in die quartäre Periode zurückreicht, sind ähnliche Gebilde wie die Limane Südrusslands.

Das Gebiet der Salzböden und Salzseen.

In der 1909 provisorisch herausgegebenen agrogeologischen Skizze des „Geologischen Instituts“ zu Bukarest besitzen wir einen Anhalt über das örtliche Vorkommen der Salzböden und salzhaltigen Gewässer.

Diese Karte gibt gleichzeitig Aufschluss über die in den betreffenden Gegenden vorherrschenden zonalen Bodenformationen, deren Bildung in innigem Zusammenhang mit den dort herrschenden Klima- und Verwitterungsverhältnissen steht.

Der geringe Mafsstab dieser Karte hat nur eine annähernde Einzeichnung der Gebiete, in denen Salzböden vorkommen, erlaubt, ohne näheren Anhalt über die wirkliche Ausdehnung und Lage in den einzelnen Gebieten.

Als wichtigstes Ergebnis hat diese Aufnahme gezeigt, dass sich die Salzböden und Salzseen auf die Zone der Steppenböden beschränken, und zwar finden sich erstere entlang der salzhaltigen Seen und der die Steppe durchfliessenden Gewässer.

Die Salzseen.

Anbei geben wir nach Dr. Saabner Tuduri die von Osten nach Westen in der Walachei vorkommenden Salzseen nach Distrikten geordnet:

1.	Lacul[1])	Chischileaoa,	Distrikt	Dolj.
2.	„	Chigera,	„	„
3.	„	Vâlcan,	„	„
4.	Balta[1])	Neagră,	„	„
5.	Lacul	Sărat,	„	Teleorman.
6.	„	Amara,	„	Jalomitza.
7.	„	Fundata,	„	„
8.	Balta	Câineni,	„	R. Sârat.
9.	„	Amară,	„	„ „
10.	„	Albă,	„	„ „
11.	Lacul	Lutaritza,	„	„ „
12.	„	Plosca,	„	Brăila.
13.	„	Batogu,	„	„
14.	„	Lutu Alb,	„	„
15.	„	Plopu,	„	„
16.	„	Janca,	„	„
17.	„	Lazu,	„	„
18.	„	Movila Miresei,	„	„
19.	„	Sărat,	„	„

Die Salzseen der Dobrutscha befinden sich im Küstengebiet längs des Meeres und sind entweder von ihm durch Dünen oder Sandbarren vollständig getrennt oder besitzen noch direkte Verbindungen mit dem Meer, bezw. hängen sie mit anderen Seen zusammen, die mit dem Meere in Verbindung stehen.

[1]) Lacul bedeutet See; Balta = Sumpf, Teich, der teilweise austrocknet.

Von Süd nach Nord finden wir folgende Seen:

Im Distrikt Constantza:

1. Mangalia, steht noch zeitweise mit dem Meere in Verbindung.
2. Tatlageac.
3. Tekir-Ghiol.
4. Agigea.
5. Siutghiol.
6. Tasăul
7. Gargarlîc.

Alle diese Seen sind vollkommen vom Meere getrennt. Das Wasser von 5 und 7 ist nur gering salzhaltig.

Im Distrikt Tulcea:

8. Tuzla, steht in Verbindung mit
9. Sinoe, der durch den Kanal von Peritoaska mit dem Meere in Verbindung steht und durch den Kanal von Sinoe mit den Seen
10. Zmeica und
11. Golovitza,

die noch untereinander durch den Kanal Golovitza verbunden sind. Ausserdem ist der See Golovitza durch die Mündung von Portitza (= das Pförtchen) mit dem Meer in Verbindung und dient zugleich als Bindeglied zwischen dem Meer und

12. dem grossen See Razelm (Razim), der wieder durch Kanäle mit den 13.—14. Seen Babadag und Hagighiol in Verbindung steht; dann folgen
15. Morughiol.
16. Bey-Bugeac.

Diese sind vollständig vom Meere getrennt.

Betrachten wir die Verbreitung der Salzseen, so ist dabei zu bemerken, dass ihre Bildung für das aride Steppengebiet der Walachei und Dobrutscha charakteristisch ist, da sie hier in besonders grosser Anzahl vorkommen, während sie in der Moldau vollständig fehlen. Dieser Erscheinung entspricht eine zweite, die offenbar in innigem Zusammenhang damit steht, nämlich der Mangel an fliessenden Gewässern in den Steppen der Walachei und der Dobrutscha, der besonders scharf in den grossen Steppengebieten, dem Burnas und Bărăgan, hervortritt. Die meisten Täler dieses Gebietes sind nur Regenrinnen, welche zur Zeit der Schneeschmelze oder nach grösseren Wolkenbrüchen im Sommer oft ganz bedeutende Wasserläufe darstellen und ein ausgedehntes Überschwemmungsgebiet besitzen. Den Rest des Jahres dagegen ist ihr Bett ausgetrocknet und weist höchstens in den tieferen Stellen eine sumpfige Rinne auf. Die wenigen, die Steppe durchquerenden Flüsse stammen aus dem Hügellande und empfangen in ihrem Lauf keine Zuflüsse, da die Steppe keine Quellwasser hat, vielmehr wird ihr Wassergehalt in diesem Gebiet durch Verdunsten und Versickern erheblich verringert.[1]) Die aus dem Hügellande in die Ebene abfliessenden kleinen Gewässer versickern hier bald im Boden.

[1]) Messungen des Wassergehaltes der Jalomitza vor dem Eintritt in die Steppe und nahe der Mündung würden hierfür sicher lehrreiche Daten ergeben.

Nicht weit vom Orte ihres Verschwindens treten dann Seen und Sümpfe auf, die durch unterirdischen Zufluss gespeist werden.

Die Gewässer der Steppe.

(Siehe die Tabelle III auf S. 18.)

In Tabelle III finden wir die Analysen einiger Fluss- und Bachwasser der Steppe, denen zum Vergleich drei weitere Flusswässer aus dem feuchteren Feldgebiet zugefügt wurden. Die Analysen sind im Laboratorium der Hochschule für Wege- und Brückenbau zu Bukarest ausgeführt, um die Brauchbarkeit dieser Gewässer für die Speisung der Lokomotivkessel der Eisenbahnen zu prüfen. Leider enthalten sie keine Bestimmung des Kali- und Natrongehaltes.[1]) Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass der Salz- und speziell der Kochsalzgehalt der fliessenden Gewässer im Steppengebiet zwar grossen Schwankungen nach der Jahreszeit unterliegt, dass er aber stets denjenigen der Flüsse aus dem feuchteren Feldgebiet um das Mehrfache übertrifft. Es ist dabei zu beachten, dass von letzteren der Oltfluss in der Hügelregion ein an Salzlagern sehr reiches Gebiet durchquert, in welchem sich die berühmten Salinen von Ocnele Mari (wörtlich: die grossen Salzbergwerke) und die Mineralquellen der Bäder von Govora und Călimănesci finden. Wenn man jedoch die in der Steppe und im feuchteren Feldgebiet pro Quadratkilometer Bodenfläche abfliessenden Wassermengen messen könnte, so würde hierin die Ursache der Salzhaltigkeit der Steppengewässer ihre Erklärung finden, denn die aus der Steppe abfliessenden Wassermassen sind dementsprechend geringer, was sich ja auch durch die kleine Anzahl der Quellen und Bäche des Steppengebietes bestätigt.

Beachtenswert ist auch der hohe Salzgehalt des Sondenwassers von Făurei und der reiche Chlorgehalt der in Tabelle IV auf S. 26 angeführten Brunnenwasser. Dies stimmt mit der von der Praxis längst festgestellten Tatsache überein, dass auch die Untergrund- resp. Brunnenwässer des Bărăgan wegen ihres hohen Salzgehaltes zur Kesselspeisung nicht geeignet sind. Ebenso ist es aus der Praxis längst bekannt, dass auf der Hochebene des Steppengebietes das Grundwasser erst in grossen Tiefen angetroffen wird, so dass der Brunnenbau sehr teuer ist. Dieses hat die vom wirtschaftlichen Standpunkt beklagenswerte Erscheinung hervorgerufen, dass die Dörfer und Gutshöfe wegen des näheren Wassers sich auf die wenigen tieferen Täler und Flussläufe der Steppe konzentrierten, die oft recht weit ab von den zu bewirtschaftenden Äckern liegen. Deshalb wird auch die Körnerwirtschaft in der Steppe noch lange vorherrschen.

Für das grösste unserer Steppengebiete, den Bărăgan, besitzen wir eine Karte des Grundwasserstandes nach Messungen der Tiefe des Wasserspiegels in den Brunnen. Die zuerst 1906 von Rusescu ausgeführte Karte ist nach weiteren Messungen der Mitglieder des Geologischen Instituts

[1]) Nach dem Überschuss von CO_2 und SO_3 zu schliessen, scheinen die Gewässer auch Alkalisulfate und Karbonate zu enthalten.

Tabelle III.

Analysen einiger Gewässer der Steppe und des feuchten Feldgebiets.

	Steppe									Feuchtes Feldgebiet			Steppe	
Name der Flüsse	Bĕrlad	Bahluiu	Bahluiu	Jijia	Jijia	Jijia	Buzéu	Buzĕu	Sireth	Arges	Olt	Olt	Sonde von Făurei	
Ort der Probeentnahme		(bei Jassy)	(bei Jassy)			(bei Ungureni)	(neben der Eisenbahnbrücke von Marasesci)	(Mühlenkanal)	(bei Pascani)					
Datum der Probeentnahme	1892	April 1904	Oktober 1904	1892	Aug. 1898	Juli 1907	Februar 1893	Februar 1893	1892	Jan. 1904	Juli 1904	Oktbr. 1904	Oktbr. 1901	Novbr. 1901
Gehalt pro Liter	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Gesamttrockensubstanz	0,618	2,088	1,724	0,652	0,754	0,904	1,302	1,395	0,350	0,156	0,476	0,252	2,226	3,139
Unlöslicher Rückstand	0,341	0,605	0,299	0,352	0,316	0,406	0,320	0,350	0,173	0,142	0,415	0,200	0,680	1,555
Wasserlöslicher Teil	0,277	—	1,425	0,300	0,438	0,498	0,982	0,945	0,177	0,014	0,063	0,052	1,546	1,584
Cl	—	0,249	0,346	—	0,071	0,017	—	—	—	0,009	0,031	0,035	0,580	0,951
CO_2	—	0,452	0,494	—	0,286	0,225	—	—	—	0,090	0,338	0,185	0,267	1,148
SO_3	—	0,674	0,418	—	0,150	0,250	—	—	—	0,024	0,033	0,007	0,397	0,185
SiO_2	—	0,003	—	—	0,010	—	—	—	—	—	0,005	0,005	0,065	0,015
CaO	—	0,082	0,064	—	0,054	0,104	—	—	—	0,065	0,164	0,094	0,192	0,536
MgO	—	0,192	0,088	—	0,082	0,068	—	—	—	0,008	0,048	0,011	0,102	0,195
Org. Substanz (Glühverlust)	0,080	—	—	0,139	—	—	0,035	0,030	0,022	—	—	—	—	—
Verbindungen:														
NaCl	0,179	—	—	0,139	—	—	0,947	0,912	0,099	—	—	—	—	—
$CaSO_4$	0,152	—	—	0,219	—	—	0,193	0,210	0,017	—	—	—	—	—
$CaCO_3$	0,189	—	—	—	—	—	0,063	0,350	0,148	—	—	—	—	—
$MgCO_3$	0,189	—	—	0,133	—	—	0,064	0,063	0,008	—	—	—	—	—

von Murgoci verbessert worden und zeigt, dass in diesem Gebiet mehrere Grundwasseradern angetroffen werden, von denen die der Oberfläche am nächsten befindlichen doch noch in 10—15 m Tiefe von der Oberfläche der Steppe liegen.[1])

Diese Aufnahme hat auch gezeigt, dass die Senkungen, in denen sich Salzsümpfe oder Salzseen befinden, teilweise tiefer liegen als die in der Umgebung vorhandenen Untergrundwasserschichten. Ein Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen ist demnach wahrscheinlich. Öfters finden sich in einem Tale eine ganze Reihe solcher Seen, eine für die Steppen charakteristische Erscheinung, da solche Seenketten nach Woeikof wegen Regenmangels unausgebildete Wasserläufe darstellen.

Das Fehlen solcher Seen und Seenketten in der Moldau, woselbst das Steppengebiet genügend fliessende Gewässer besitzt, bestätigt dies.

Die Senkungen, in denen sich die Salzseen befinden, liegen in den Lösstafeln eingebettet und sind, wie schon früher angeführt, verschiedenen Ursprungs. Einige sind alte Flussbetten, z. B. weist die Janca, ein verlassenes Bett des Buzĕu, eine ganze Reihe solcher Seen auf, oder es sind durch den Löss nicht ausgefüllte Mulden zwischen oder am Rande der alten Dünenzüge, was bei den südlich des Călmătzui gelegenen Seen der Fall ist. Andere wieder, wie z. B. bei der Mehrzahl der grossen nicht austrocknenden Salzseen, befinden sich im Talwege noch fliessender Gewässer, deren Wasser sich in diesen Seen sammelt. Manche derselben liegen an einem Flusslauf und sind Flusslimane. Andere sind Meereslimane

Entstehung der Salzseen.

Der verstorbene Gr. Stefanescu, Professor der Geologie an der Universität zu Bukarest,[2]) hatte die Entstehung der Salzseen auf das Vorkommen von Kochsalz und Mineralquellen zurückzuführen versucht, deren salzhaltige Gewässer mit den in der Hügelregion vorhandenen miocenischen Steinsalzlagerungen in Verbindung stehen sollten. Es ist nun wahr, dass sich in dieser Region ebenfalls Mineralquellen vorfinden, die zum Teil stark salzhaltig sind und auch ähnliche Salze enthalten wie die Salzseen der Steppe. Doch hat Professor P. Poni[3]) aus Jassy nachgewiesen, dass die Wasser der Mineralquellen der Steinsalzregion proportional viel ärmer an Sulfaten sind als die Wasser der Steppenseen. Ausserdem ist noch zu erwähnen, dass nur bei einigen Salzseen das Vorhandensein von Salzquellen nachgewiesen wurde, dass aber in vielen Tümpeln der Steppe, die keine Quellen haben, der Salzgehalt ein sehr hoher ist.

[1]) Entsprechend den Änderungen in den Bodenschichten weist die oberste Grundwasserschicht teilweise Lücken auf, was die oft wechselnde Tiefe nahe gelegener Brunnen erklärt. Ebenso gibt es Stellen mit höherem Grundwasser.

[2]) Gr. Stefanesco, Le dessèchement de Lacu Sarat, Annuaire du Bureau geologique. Bukarest, An. V, No. I, 1888.

[3]) P. Poni, Faits pour servir à la description mineralogique de la Roumanie. Annales Scient. de l'Université de Jassy. Vol. 1—2, 1900.

Mrazek und Tesseyre[1]) haben hervorgehoben, dass ein Zusammenhang zwischen den Salzseen der Steppe und den miocenischen Steinsalzlagern der Hügelregion unwahrscheinlich ist: 1. wegen der verschiedenen chemischen Zusammensetzung des Wassers der Mineralquellen aus der Steinsalzregion und den Steppenseen und 2. wegen der grossen Entfernung von 30—120 km zwischen beiden Ablagerungen, sowie der Senkung und Mächtigkeit der zwischenliegenden sarmatischen, pontischen und pliocenischen Schichten. Auch die in letzter Zeit erforschte Lagerung der Bodenschichten lässt es wenig glaubhaft erscheinen, dass salzhaltiges Untergrundwasser aus den Hügeln in die Ebene bis auf solche Entfernungen vordringen kann.[2])

Mrazek[3]) stellte folgende Hypothese auf. Die Salzseen und Salzböden sind lokale Bildungen eines Gebietes, das sich in einer früheren Zeit (vor der Ablagerung des Lösses) unter denselben klimatischen Bedingungen wie heute die Aralo-Caspische Steppe befand, und wie diese zahlreiche Salz- und Bitterseen besass. Nach dem Austrocknen dieser Seen wurden ihre salzhaltigen Mergelablagerungen von Löss bedeckt. Heutzutage ist durch die Erosion der Löss so abgetragen, dass die salzführenden Schichten zutage treten oder es sind solche Vertiefungen im Löss entstanden, dass die in den salzführenden Schichten zirkulierenden Untergrundwasser hier zutage treten. Dieser an sich interessanten Hypothese kann entgegengehalten werden: 1. dass die Salzseen sich nur auf das arideste Gebiet der heutigen Steppenregion beschränken, während der Löss dieselbe überschreitet; 2. dass salzhaltige Gewässer und Salzböden auch auf den Lösstafeln zu finden sind, und dass die Salzböden von Löss häufig unterlagert werden.

Betrachten wir jedoch den Verlauf des Verwitterungs- und Auslaugungsprozesses in der Steppe, so wird Mrazeks Hypothese überflüssig.

Ursache der Salzansammlung in den Steppengewässern.

In dem allgemeinen Teil dieser Arbeit wurde ausgeführt, wie die bei der Verwitterung im Boden gebildeten schädlichen Salze durch die Niederschläge ausgelaugt werden oder sich bei mangelnden Niederschlägen anhäufen. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass neben den Niederschlagsmengen noch folgende Tatsachen für diesen Auslaugungsprozess wichtig sind.

[1]) Bullet. du Minist. des Domaines. Bukarest 1900.

[2]) Die Sondenbohrung von Mărculesei im zentralen Bărăgan hat nicht die erhofften artesisch aufsteigenden Wasseradern angetroffen, wie es hätte sein müssen, wenn die Untergrundwässer dieser Region mit denen des Gebirges in direktem Zusammenhang ständen. Dagegen zeigten die Untergrundwasseraufnahmen von Rusescu und Murgoci ein inniges Anschmiegen des Untergrundwassers an das Relief des Bodens.

[3]) Mrazek, Archives des sciences physique et naturelles, Quatrième periode. Tome XI, Juin 1901. Genève.

Von dem in den Niederschlägen dem Boden zugeführten Wasser läuft ein Teil als Binnenwasser an der Oberfläche ab, ein anderer Teil wird im Boden zurückgehalten und nur der Überschuss gelangt als Sickerwasser mit den darin aus dem Boden gelösten Salzen im Untergrunde zum Abfluss.

Die Anhäufung der Salze im Boden hängt also nicht von der geringen Menge der örtlich fallenden Niederschläge ab, sondern davon, dass kein genügend grosser Teil des Niederschlagwassers so tief in den Boden eindringt, um den Abfluss der Salze ins Grundwasser herbeizuführen.

Ein wichtiges Moment hierbei ist die Verteilung der Niederschläge, da anhaltende Regenfälle in einer Jahreszeit den Boden viel stärker auslaugen, als eine gleichmässige Verteilung der Niederschläge auf das ganze Jahr. Auch die Jahreszeit, in welcher die meisten Regen fallen, ist wegen der verschieden starken Verdunstung wichtig. Am günstigsten für die Entlaugung sind die Verhältnisse in den Gebieten der Winterlandregen. In Rumänien fällt die grösste Regenmenge im Sommer und die Regen dieser Zeit sind durch ihren wolkenbruchartigen Charakter für die Auslaugung sehr wenig geeignet. Man kann in der Ebene, zumal im Steppengebiet sehr gut beobachten, wie von den in kurzer Frist herabstürzenden Wassermassen nur ein geringer Teil in den ausgedörrten Boden einzudringen vermag, das meiste läuft an der Oberfläche ab und ruft oft heftige lokale Überschwemmungen von kurzer Dauer hervor. Der wieder eintretende Sonnenschein saugt dann die geringe Feuchtigkeit bald wieder auf und nach einigen Stunden ist der Boden wieder staubtrocken. Der Herbst ist sehr trocken, im Winter ist der Boden bis auf grössere Tiefen gefroren, wodurch die Wasserbewegung aufhört.

Im Frühjahr findet auch im Steppengebiet Rumäniens eine Durchfeuchtung des Bodens bis auf grössere Tiefen statt; doch saugen die bald einsetzenden Winde die Feuchtigkeit wieder an die Oberfläche, wo sie verdunstet, und es bleibt nur ein geringer Teil für den Abfluss ins Untergrundwasser übrig. Da in Rumänien Jahre geringeren und grösseren Regenfalls untereinander abwechseln, so ist die Auslaugung verschieden. In den trocknen Jahren, wenn im Steppengebiet manchmal weniger als 300 mm Niederschläge fallen, häufen sich die Salze im Boden an, in den regenreichen mit über 600—1000 mm werden die Salze ins Untergrundwasser gelaugt. Die fast horizontale Lagerung der Schichten lässt auch im Untergrund keine starke Strömung zu. Ausserdem kann bei der tiefen Lage der Grundwasseradern ein Abfluss durch Quellen nur selten stattfinden. Die Zahl der Quellen ist im Steppengebiet sehr gering und ihre Wasser versickern vielfach in der Nähe des Ursprungsorts wieder im Boden; die unterwegs verdunstete Wassermenge dient nur zur Konzentration des Grundwassers.

Als weiteres Zeichen einer mangelhaften Auslaugung ist das Vorhandensein der Karbonate von Kalk und Magnesia in den obersten Boden-

schichten anzuführen. Während im feuchteren Feldgebiet und der Hügelregion ein Aufbrausen des Bodens beim Übergiessen mit Salzsäure erst in ca. 50 cm Tiefe stattfindet, hat Rusescu im Baragan eine Grenzlinie feststellen können, von welcher nach Osten zu die Böden auch in der obersten Schicht Karbonate enthalten. Innerhalb dieser Grenzen finden sich beinahe alle Salzseen und ebenso fehlt innerhalb derselben der natürliche Baumwuchs fast vollständig, und auch die künstlichen Waldpflanzungen haben eine sehr kümmerliche Entwickelung.[1])

Einen wesentlichen Unterschied zeigt hierin wieder das Steppengebiet der Moldau; hier ist durchwegs der obere Boden bis 50 cm Tiefe arm an Karbonaten.

Untersuchen wir diese Erscheinung zusammen mit dem Fehlen der Salzseen und dem Auftreten einer grösseren Anzahl von Quellen und fliessenden Gewässern in der Moldau (die nach Tabelle III auch Salze mitführen), so muss offenbar in der Moldau eine stärkere Ansammlung des Untergrundwassers und demgemäss eine stärkere Auslaugung des Bodens stattfinden.

Die Ursache ist eine klimatische. Während der Winter in Bezug auf die mittlere Temperatur und den Schneefall in beiden Teilen des Landes annähernd gleich ist, erfolgt der Übergang in der Moldau viel langsamer und später als in der Walachei. (Die Mitteltemperatur des März beträgt in dem Steppengebiet der Moldau durchschnittlich $+2{,}9^0$, in der Walachei $+5{,}4^0$.) Demgemäss können die Schmelzwasser in ersterer bei dem allmählichen Auftauen vom Boden aufgesogen werden, während auf dem walachischen Hochland der Schnee sehr schnell schmilzt, so dass das Wasser in den noch gefrorenen Boden nicht eindringen kann, sondern oberirdisch abläuft; daher finden wir in der Walachei im Steppengebiet vorwiegend nur Regenrinnen, während in der Moldau die aus den im Boden angesammelten Wasservorräten gespeisten Quellen und fliessenden Gewässer vorherrschen. Durch die oberirdisch ablaufenden sog. Binnenwasser kann auch eine Entlaugung der obersten Bodenschichten stattfinden; die hierbei entführten Salze sammeln sich in den Lachen der Bodenvertiefungen an. In den grösseren Vertiefungen, die genügend Zuflüsse haben, um nicht auszutrocknen, bilden sich Seen, die meist noch Zuflüsse aus dem Untergrund erhalten, entweder als Quellen am Ufer und im Seegrund oder als kleine Gewässer. Da in der Steppe die Untergrund- und fliessenden Gewässer beträchtliche Mengen von Salzen mit sich führen, und die in den Seen verdunstenden Wassermengen grösser sind als der abfliessende Teil, so kann der Salzgehalt in den Seen allmählich so hoch werden, dass ihre Flora und Fauna sich verändert und sie sich in Salzseen verwandeln. Die Salzseen stellen also Konzentrationsbecken der

[1]) Dort, wo Wälder vorkommen, ist der Untergrund meist sandig, so dass eine stärkere Entlaugung des Bodens stattfinden konnte. Siehe Rusescu, Die Frage der künstlichen Aufforstung in Rumänien. Bukarest 1906, S. 118 (in rumänischer Sprache).

gegenwärtig existierenden Steppenregion dar, deren Bildung mit der mangelhaften Auslaugung des Bodens und dem Fehlen einer natürlichen Drainage durch fliessende Gewässer in diesem Gebiete verbunden ist.

Flora und Fauna.

Die Flora und Fauna der Salzseen ist nach dem Salzgehalt ihres Wassers sehr verschieden. Bei einigen, z. B. den grossen Seen der Dobrutscha, die grössere Zuflüsse an Süsswasser empfangen, ist noch eine üppige Sumpfvegetation vorhanden mit hohem Schilf (Phragmites rivularis) und Schwimmpflanzen aller Art; auch sind ihre Gewässer von zahlreichen Fischen und Wassertieren, gleich den Süsswasserseen, bevölkert. Mit steigendem Salzgehalt verschwinden erst die Fische, dann vermindert sich die Flora und Fauna der Seen immer mehr und im Lacul Sărat finden sich nur noch einige Algen, niedere Crustaceen, Protozoen, Diatomeen und Flagellaten vor, die den hohen Salzgehalt dieses Sees noch vertragen können. Nach den Studien von Professor Bujor weist die Fauna unserer Salzseen grosse Ähnlichkeit mit derjenigen der anderen Salzseen Europas und Afrikas auf.

Salzgehalt der Seen.

Der Salzgehalt der meisten Seen ist sehr hoch. Das Wasser von Lacul Sărat hat 78,500 g wasserlösliche Substanz pro Liter, Tekirghiol 71,657 g, Balta Amară 69,616 g, Câineni 36,760 g; doch ist der Salzgehalt nach der Jahreszeit verschieden. Die qualitative und quantitative Untersuchung hat in allen Seewassern grosse Mengen Cl, SO_3, CO_2, Na_2O, K_2O, CaO, MgO ergeben, nebst geringen Mengen von N_2O_3, Br, J, SiO_2, H_2S, NH_3, $AlFeO_3$. Hinsichtlich der Verbindungen zu Salzen, in denen diese Säuren und Basen im Wasser gelöst vorkommen, ist ein direkter Nachweis schwer durchführbar. Doch hat der Geschmack nach Kochsalz und Bittersalz, oder das Auskristallisieren von Glaubersalz, Kochsalz, Gips oder Soda an den Ufern die Benennung mancher Seen bestimmt. Ich erwähne:

Balta Amară (= Bittersumpf)
„ Albă (= Weissersumpf) } D. Rîmnicu-Sărat.
„ Sărată (= Salzsumpf)

Lacul Sărat (= Salzsee)
„ Sărat-Alb (= weisser Salzsee) oder } im D. Braila.
Lutu-Alb (= „ Tonsee)
„ Amara (= Bittersee) D. Jalomitza.
„ Sărat (= Salzsee) D. Teleorman.

Vergleichen wir die Analysen der rumänischen Seen mit denen aus anderen Steppenländern, so ergibt sich eine auffallende Ähnlichkeit. Diese Steppenseen enthalten neben den Meeressalzen Natriumchlorid, Kalziumchlorid, Magnesiumsulfat, Gips und Kalisulfat noch hauptsächlich Natriumsulfat oder Glaubersalz und Soda. Letzteres Salz bildet sich durch die Verwitterung in den Steppenklimaten; doch ist es sehr un-

beständig und kann wieder zersetzt werden. In den rumänischen Seen ist es bis jetzt meist nur in geringen Mengen (Câineni) oder qualitativ nachgewiesen worden,[1]) so von Dr. Bernhard Landway im Lacul Sărat. Die quantitative Bestimmung der Soda ist bei manchen Analysen unterblieben, z. B. beim Lacul Sărat und Techir-Ghiol, in welchen Seen die Soda qualitativ nachgewiesen ist.

Im Schlamme der ungarischen Salzseen hat P. Treiz ein Mineral gefunden, das ein Doppelkarbonat von Ca und Na darstellt und, wie er vermutet, Gay-Lussit ist. Da die Bestimmung desselben äusserst schwierig ist und die Schlammanalysen unserer Seen hauptsächlich für Kurzwecke ausgeführt wurden, so fehlt der Nachweis dieses Minerals ebenfalls. Doch zeigt die Analyse des Schlammes von Techir-Ghiol einen bedeutenden Überschuss an Kohlensäure (Probe A 0,2786 %, Probe B 1,0534 %).

Was das Glaubersalz anbetrifft, so wäre zu erwähnen, das im Lacul Sărat, dessen Wasser am konzentriertesten ist, sich grosse Kristalle auf dem Seeschlamm finden, die nach der von P. Poni ausgeführten Analyse aus $Na_2SO_4 + 10\ H_2O$ zusammengesetzt waren.

Auch im Wasser des Lacul Sărat findet sich neben Kochsalz hauptsächlich Natriumsulfat, wie die 1880 ausgeführte Analyse von Mr. Carnot (Direktor des Chemischen Laboratoriums der Ecole des Mines zu Paris) gezeigt hat. Ebenso hat Professor Butzureanu aus Jassy im Wasser von Câineni grosse Mengen von Glaubersalz nachgewiesen.

Auch das Wasser des Sumpfes Amara und des Bächleins Infundu zeigte beim Verdunsten unter dem Mikroskop die charakteristischen Nadelkristalle dieses Salzes neben den Gipslanzetten, den Kochsalzwürfeln und den zu Bündeln vereinten Kristallen von Magnesiumsulfat. Hingegen gibt M. Georgescu im Wasser und Schlamme von Techir-Ghiol kein Glaubersalz an.[2])

Im Wasser der meisten Seen findet man flüchtigen Schwefelwasserstoff, der sich in deren Umgebung durch den Geruch bemerkbar macht. Seine Bildung kann auf die Gärung und Verwesung von Vegetationsresten im salzhaltigen Seewasser zurückgeführt werden. Für die ungarischen Salzseen meint Professor Treiz, dass die in den Seen lebenden Algen sich durch einen hohen Schwefelgehalt auszeichnen, weshalb auch der neben dem flüchtigen H_2S gebildete Schlamm äusserst reich an Sulfiden sein soll. Dann führt er weiter aus: „Dieser Schlamm ersetzt den jährlichen Verlust, der im Seewasser an schwefelsauren Salzen durch den teilweisen Abfluss dieser Salzseen entsteht“.[3])

[1]) Der ungarische Geologe P. Treiz erwähnt, dass er bei seinen Studienreisen in allen an der Küste des Schwarzen Meeres gelegenen Seen Soda nachweisen konnte.

[2]) Die Berechnung der Salze scheint hier ähnlich wie bei den anderen Analysen so erfolgt zu sein, dass das Na in erster Reihe mit Cl verbunden wurde, der verbleibende Rest von Cl wurde als KCl, NH_4Cl und $MgCl_2$ berechnet, während Carnot beim Lacul Sărat ihn auf $CaCl_2$ berechnete.

[3]) Siehe Földtani Köszlöny XXXVIII. Budapest 1908, S. 125.

Hierzu wäre zu bemerken, dass sich im Wasser und Schlamme der rumänischen Seen flüchtiges H_2S stets nachweisen lässt, dass aber im Schlamme von Câineni, wie Professor Butzureanu ausdrücklich betont, keine Sulfide enthalten waren.

Da ausserdem der Schlamm bei einigen Seen als 10—30 cm dicke Schicht nur einen Teil der Grundfläche bedeckt, z. B. in Techir-Ghiol nur in der Nähe der Ufer, und zu seiner Bildung Jahrzehnte oder Jahrhunderte notwendig waren, so kann selbst ein Gehalt von 0,4387 % gebundenen H_2S wie in Techir-Ghiol nicht die Verluste an Sulfaten ersetzen, die alljährlich durch den Abfluss erfolgen, denn die von den Algen aufgespeicherten Salze stammen ja auch aus dem Seewasser.

Beschreibung einiger Salzseen.

1. Lacul Sărat. Der bisher am meisten erforschte Salzsee, der Lacul Sărat, der keinen Abfluss besitzt, liegt im Distrikt Brăila, $5^1/_2$ km südwestlich der Stadt Brăila, ungefähr ebensoweit auch von der Donau entfernt, von der er durch einen kleinen Kanal Zufluss empfängt. Der See besteht aus zwei Teilen, die durch einen schmalen Kanal verbunden sind und liegt in einer Vertiefung des Lösses, die von ONO nach WSW verläuft. Seine Ufer sind flach und sanft geneigt, nur das nördliche zeigt einen Abhang von ca. 1,15 m am Wasserrande. Während das Wasser des Sees in der Regenzeit bis 1,50 m Tiefe besitzt, nimmt in der Dürreperiode sein Umfang und die Wassertiefe bedeutend ab, letztere bis auf 30—50 cm; gleichzeitig steigt aber der Salzgehalt. Die Wasserdichte schwankte 1899 von Mai bis Oktober zwischen 1,074 und 1,200.

Der ganze Boden des Sees ist mit einem schwarzgrünen Schlamm von 25—30 cm Dicke bedeckt, der zu Moorbädern benutzt wird. Auf und in diesem Schlamm finden sich grosse Kristalle von Glaubersalz, die zu Drusen vereint sind. Wenn das Seewasser sehr konzentriert wird, so bildet sich eine Kruste von Kristallen auch an der Oberfläche des Sees, die so stark sein kann, dass sie den Zugang zum See erschwert.

Der Professor der Zoologie P. Bujor aus Jassy, der das Vorkommen der Kristalle im Schlamme erwähnt, fügt hinzu „mirabile“. Doch ist das Ausscheiden der schwerlöslichen Salze aus der Lösung von Salzgemischen nichts Ungewöhnliches, sondern in Laboratorien längst bekannt. Auch in anderen Ländern mit Steppen- oder Wüstenklima finden solche Salzausscheidungen häufig in ähnlichen Seen statt; ich erinnere nur an die Ablagerungen des Toten Meeres in Palästina, der Aralo-Caspischen Salzseen, des grossen Salzsees von Utah in den Vereinigten Staaten von Nordamerika; ebenso sind die Schotts Nordafrikas im Sommer von einer Salzkruste bedeckt, die manchmal sogar den Verkehr darüber gestattet.

Auch in den Seen Ungarns und Russlands finden sich im Seeschlamm Glaubersalzkristalle abgelagert, da sich bei der Konzentration der Salzlauge neben Gips dieses Salz zuerst abscheidet.

Tabelle IV.

Chemische Analyse des Wassers und Schlammes der Salzseen von Lacul Sărat, D. Brăila, und Lacul Tekirghiol, D. Constantza.

Bezeichnung	Wasser des Salzsees von Lacul Sărat, D. Brăila		Wasser eines Brunnens in der Nähe des Sees L. Sărat	Wasser des Salzsees von Tekirghiol, D. Constantza	Seeschlamm v. Tekirghiol: A. Probe aus der Nähe der Badeanstalt		Seeschlamm v. Tekirghiol: B. Probe aus der Nähe der Stadt Tekirghiol	
Datum	1888	1899	1899	September 1893	1893 wasserlöslich	1893 unlöslich	1893 wasserlöslich	1893 unlöslich
Gehalt in	%	%	%	%	%	%	%	%
Farbe des Wassers	trüb grünlich-gelb		trüb gelblich	—	—	—	—	—
Gesamttrockensubstanz	—	7,8500	2,5410	—	8,7494	91,2505	4,5006	95,4990
Glühverlust	?	?	?	—	0,3348	11,6727	0,1474	—
Cl	1,6268	2,7575	0,6832	3,7644	4,6560	—	2,3295	—
Br	—	—	—	0,0095	0,0029	—	0,0041	—
CO_2	0,0204	0,0292	Spur	0,0002	1,2622	?	0,3327	?
SiO_2	0,0021	—	—	0,0007	0,0009	44,2400	0,0004	57,2900
SO_3	1,7894	1,9102	1,7838	0,5816	0,2152	0,6441	0,2574	0.5649
P_2O_5	—	—	—	—	Spur	0,1400	Spur	0,2674
CaO	0,0486	0,0575	0,0767	0,0203	0,1990	7,0796	0,0177	4,4894
$FeAlO_3$	0,0010	—	—	0,0021	Spur	9,9500	Spur	16,9240
MgO	0,2085	0,6750	0,1703	0,4777	0,2907	1,2768	0.1088	1,5300
Na_2O	2,9499	?	?	2,9499	2,4714	?	1,4312	?
K_2O	?	?	?	?	1,1268	?	0,0729	?
NH_3	?	?	?	0,0122	0,0033	—	0,0078	—
H_2S	—	—	?	Spur	0,0170	0,4387	Spur	0,5558
Nur im Schlamm: In Ätherextr. lösl. Stoffe	—	—	—	—	—	0,5350	—	0,3593
Nur im Schlamm: Harzartige Stoffe	—	—	—	—	—	0,3800	—	0,2260

Die Schwankungen des Salzgehalts des Lacul Sărat lassen sich auch aus den beiden in Tabelle IV angeführten Wasseranalysen ersehen. Die von A. O. Saligny ausgeführte Analyse eines Brunnenwassers in der Nähe des Sees zeigt, dass auch das Untergrundwasser hier sehr salzreich ist.[1]) Der Boden des Sees ist mit einem grünlich schwarzen oder grauschwarzen Schlamme bedeckt, der reich an Salzen und an organischen Fettstoffen ist. Unter anderen hat man darin qualitativ sowohl Soda als Sulfide nachgewiesen. Da der Schlamm im Lacul Sărat den ganzen Boden des Sees bedeckt und älteren Ursprungs ist, so lässt sich seine Entstehung weniger gut als z. B. beim See Tekir-Ghiol nachweisen und wird infolgedessen auch erst dort besprochen werden.

Die Flora des Lacul Sărat besteht nur aus einer Alge Oscillaria tenuis, die am Rande des Sees die Wassertümpel mit einer gelatinösen, an der Oberseite grauen, an der Unterseite grünen Haut überzieht. Ausserdem finden sich noch einige Diatomeen. Das Wasser des Sees wird zuweilen durch das massenhafte Vorkommen eines Flagellaten, Chlamydomonas Dunali oder eines Bakteriums, Beggiatoa rosco-persicina, gelblich grün oder rostbraun gefärbt. Ausserdem führt P. Bujor noch weitere 6 Protozoaren an. Die oben angeführten 2 Protozoaren finden sich nicht nur im Seeschlamm wieder, sondern sie sind vielfach in den Glaubersalzkristallen mit eingeschlossen, denen sie eine rosa Farbe verleihen.

Die Flusslimane. Besser als beim L. Sărat lässt sich die Entstehung der Seen verfolgen, die am Ufer der Flüsse Jalomitza und Buzĕu liegen und zu den Flusslimanen gehören. Als Beispiel können die am nördlichen Ufer des Buzĕu befindlichen Seen angeführt werden, deren Bildung auf die am Ende der quartären Periode eingetretenen Senkung des Nordostens der walachischen Ebene zurückgeführt werden kann. Hierdurch hat der ursprünglich nach Südost im Tale des Călmătzui fliessende Buzĕu sich ein neues Bett erst nach Westen in der Senkung der Janca, und dann nach Nordosten, entlang der nördlichen Terrasse, gegraben. Sein neues Bett, das mehrere von Norden kommende Täler durchschneidet, liegt auf gleicher Höhe wie die in diesen Tälern fliessenden Gewässer. Durch das von ihm mitgeführte Material wurden deren Mündungen verstopft, während sich ihre Wasser zu Seen ausbreiteten. Auch die in diesen Tälern abfliessenden Gewässer haben durch die Senkung der Ebene Veränderungen erfahren. Der ursprünglich südwärts fliessende Rimnik biegt jetzt südlich der Distriktshauptstadt R.-Sărat nach Nordosten ab und in seinem verlassenen Bett fliesst nur ein kleines Gewässer, der Boldu, der am nordöstlichen Ufer des Buzĕu einen Liman mit salzigem Wasser, die Balta Albă, bildet, der früher vielfach zum Baden benützt wurde, jetzt in starkem Rückgang ist und auszutrocknen scheint.

[1]) Leider konnte ich noch keine Analyse des Wassers aus dem Zuflusskanal finden. Professor Bujor erwähnt nur, dass sein Wasser süss sei.

Tabelle V.

Chemische Untersuchung einiger Salzseen, Gewässer und Seeschlamm aus dem D. R. Sărat.

Benennung	Wasser des Bächleins Infundu	Wasser aus dem Teich Gherghésa	Wasser des Bittersees Amara	Wasser des Salzsees Căineni	Schlamm des Salzsees Căineni bei 125° getrocknet	
Datum und Ort der Probeentnahme. . . (Auszug)	1. März 1909 oberhalb der Salzböden	21. Oktbr. 1909 am nordöstlichen Ufer	1. März 1909 200m westl. der Bachmündung	1908	Auszug mit heissem Wasser	Salzsäure-Auszug
Wasserstand	unter normal	niedrig	normal	normal		
Klarheit und Farbe des Wassers	klar, hellgelb	trübe, dunkelgelb	klar, gelb	hellgelb. etwas trüb		
Gehalt an	%	%	%	%	%	%
Trockensubstanz	0,5600	—	6,9616	3,6 760	5,8903	13,6000
Glühverlust	0,0460	—	0,3820	0,6 420	0,0314	1,9000
Cl	0,1130	0,1750	2,0158	1,2 300	1,3100	—
CO_2	Spur	—	0,0020	0,0 200	0,0430	3,5000
SO_3	0,2086	—	1,6232	0,9 190	2,6874	1,1300
H_2S	0,0003	—	0,0010	Spur	—	—
NO_2	—	—	—	—	?	?
SiO_2	0,0006	—	0,0080	0,0 001	0,0500	0,4000
$AlFeO_3$	0,0036	—	0,0088	0,0 003	0,0300	1,6000
CaO	0,0228	—	0,1528	0,3 493	1,4000	4,3200
MgO	0,0395	—	0,1253	0,4 234	0,3300	0,7200
K_2O	0,0150	—	0,0462	?	?	?
Na_2O	1,1275	—	0,1709	1,0 007	1,2404	?
NH_3	?	—	?	0,00 634	0,0642	—
Verbindungen:						
NaCl	0,1864	0,2883	3,3265	2,0 211	2,1588	—
Na_2CO_3	Spur	—	0,0049	0,0 006	—	—
Na_2SO_4	0,0628	—	0,9823	0,6 320	0,2189	—
K_2SO_4	0,0278	—	0,0854	—	?	—
$MgSO_4$	0,1179	—	0,3734	0,1 204	0,9833	—
$CaSO_4$	0,0556	—	0,3723	0,8 219	0,0974	1,9100

2. Balta Amară. Das westlich davon gelegene Tal des Infundu lässt nach seinen tief eingeschnittenen Ufern auf einen früher grösseren Wasserlauf schliessen, denn das heut darin fliessende Wässerchen hat sich in dem Tal eine schmälere Wasserrinne gegraben, deren Ufer es selbst bei Hochwasser nur in manchen Jahren überschreitet. Dieses Bächlein

entspringt etwa 14 km nördlicher bei dem Dorfe Sălcioara aus einem tief gelegenen sumpfigen Terrain, das Salzbildungen zeigt. Bei dem Orte Ghergheasa, in der Mitte seines Laufes, bildet es einen Teich von ca. 1 km Länge und 100—200 m Breite, der keine weiteren Zuflüsse hat und dessen Wasser als süss gilt. Eine im Herbst 1909 bei niederem Wasserstand an Ort und Stelle ausgeführte Titration ergab einen hohen Chlorgehalt (siehe Tabelle V). Ebenso ist das Bachwasser reich an Salzen, doch überschreitet sein Prozentgehalt nicht denjenigen der Moldauischen Steppengewässer. Auch sind die Brunnenwasser in dieser Gegend reich an Kochsalz und einige Brunnen haben sogar brackiges Wasser. Das Bächlein schliesst mit dem zwischen den Orten Amara und Stăvărești gelegenen ca. 200 ha grossen Sumpf Amara, dessen Bett tiefer liegt als der etwa 1 km südlicher vorbeiströmende Buzĕufluss. Daher wendet sich der Abflusskanal des Sees östlich und mündet erst weiter unten in den Fluss; auch hat er ein sehr geringes Gefälle. Wenn der Buzĕu bei Hochwasser über seine Ufer tritt, so fliessen seine Wasser umgekehrt in den See, der sich beträchtlich vergrössert. Im Sommer dagegen ist die Abflussrinne vollkommen versumpft, und da auch das Bächlein austrocknet, wird der See durch die Verdunstung immer kleiner, wobei sein Wasser allmählich bitteren Geschmack annimmt und für Menschen und Vieh ungeniessbar wird. Von dem Salzgehalt seiner Gewässer hat er auch den Namen (Balta Amară = Bittersumpf) erhalten. Nach Angaben der Einwohner hatte dieser See früher eine grössere Ausdehnung, auch steht ein vor ca. 10 Jahren am Wasserrande errichteter Grenzstein jetzt ca. 200 m vom Ufer entfernt, ebenso ist sein Überschwemmungsgebiet geringer geworden; dagegen muss der Salzgehalt gestiegen sein, da in dem früher an Fischen sehr ergiebigen Gewässer seit einigen Jahren alle Fische abgestorben sind. Der See besass aber 1909 noch eine gut entwickelte Sumpfvegetation und das Rohr (Phragmites rivularis) zeigte durchaus keinen kümmerlichen Wuchs (2 m); ebenso findet sich eine Alge, Cladophora Cristalina, im Wasser vor. Die Ufer des Sees werden von Salzböden bedeckt, deren Flora usw. weiter unten beschrieben wird. Die Analyse des Seewassers von Amara, ebenso wie des Bächleins Infundu, wurde vom Verfasser 1909 ausgeführt und ist in Tabelle V enthalten. Wir sehen daraus, dass der Salzgehalt bei normalem Wasserstand am 1. März 1909 sehr hoch war, fast 7% oder 69,6 g pro Liter Trockenrückstand. Der grösste Teil davon war Kochsalz (33 g pro Liter), dann Glaubersalz (fast 10 g), Bittersalz und Gips, aber auch der Gehalt an Kali war nicht unbedeutend. Von Soda und Schwefelwasserstoff waren nur Spuren vorhanden. Die auffallende Übereinstimmung der Zusammensetzung der Salze im See und Bachwasser zeigt, dass ersteres durch Konzentrierung des letzteren entstanden ist. Auch der höhere Chlorgehalt des Teichwassers von Ghergheasa im Herbst spricht hierfür. Die Abweichung im Prozentverhältnis der Zusammensetzung der Salze kann dadurch erklärt werden, dass der See einerseits im Frühjahr Wasser aus

dem Buzéu empfängt, dass andererseits auf dem Überschwemmungsgebiet bei dem Zurücktreten des Sees sich Salze abscheiden.[1])

3. Balta Câineni. Ca. 3 km südwestlich von Amara neben dem Dorfe Visani befindet sich der Salzsumpf Câineni am Ufer des Buzĕu in einer ovalen Vertiefung des Terrains. Er empfängt keinen direkten Zufluss, ausgenommen die ablaufenden Regenwasser der Umgebung, scheint aber durch unterirdische Quellen gespeist zu werden. An seinen Ufern treten keine Salzböden auf, doch ist sein Wasser stark salzhaltig, wie die im Laboratorium des Mineralogischen Instituts zu Jassy ausgeführte Analyse zeigt. Auch hier besteht der Salzgehalt des Wassers vorwiegend aus Kochsalz und Glaubersalz, ähnlich dem von Amara, doch ist der Gipsgehalt hier viel grösser. Gleichwie bei dem Wasser von Amara fanden sich auch Spuren von flüchtigem Schwefelwasserstoff beim Öffnen der Probeflaschen, der auf verwesende organische Substanz zurückzuführen war. Ebenso ist auch hier die im Wasser vorhandene Sodamenge sehr gering, was durch das gleichzeitige Vorhandensein von Gips erklärt wird. Der im See sich absetzende feine Schlamm besitzt grauschwarze Färbung mit dunkelschwarzen Streifen. Er ist ebenfalls stark salzhaltig, wie seine Analyse zeigt, doch ist darin der Gipsgehalt viel grösser als der an sonstigen Salzen; dann kommt das Kochsalz (NaCl), das Bittersalz ($MgSO_4$) und das Glaubersalz (Na_2SO_4). Der salzsaure Auszug zeigte grosse Mengen von Kalk- und Magnesia-Carbonaten nebst Gips, Eisentonerde und organischen Substanzen.

Der Unterschied in der Salzzusammensetzung des sich absetzenden Schlammes gegenüber dem Wasser wird durch die verschieden grosse Löslichkeit der Salze erklärt. Demgemäss scheiden sich bei der allmählichen Konzentrierung der Lösung die schwerlöslichen Salze aus, während die anderen in Lösung bleiben. Auch finden zwischen den einzelnen Salzen Umsetzungen statt, die je nach der Konzentration der Lösung und der Gegenwart von Chlor oder Schwefelwasserstoff verschiedener Natur sein können.

Das Wasser und der Schlamm des Sumpfes Câineni wird seit langer Zeit zu Kurzwecken gebraucht, indem letzterer in Fässern nach Rimnicu-Sărat und anderen Städten transportiert wird, wo er zu Moorbädern Verwendung findet; an Ort und Stelle ist aber kein Sanatorium oder sonstige Badeanstalt vorhanden.

4. Die Salzseen der Dobrutscha. Diese Seen gehören, wie schon angeführt, gleich den Salzseen an der Küste Bessarabiens und Südrusslands zu den Meereslimanen. Ihre Entstehung kann auf eine Senkung des Meeresufers, sowie auf den wechselnden Wassergehalt der Steppengewässer zurückgeführt werden. Die Senkung des Ufergebiets hat eine äusserst seichte Küste hervorgerufen und stellenweise das Eindringen des Meerwassers in

[1]) Von den Teilbesitzern des Sees ist eine Zuleitung von süssem Wasser aus dem Buzĕu angeregt worden, um die Fischzucht wieder darin zu betreiben. Eine Benutzung des Sees zu Kurzwecken ist wegen der schlechten Verbindungen bis jetzt nicht aussichtsvoll.

den unteren Lauf der Gewässer begünstigt; ausserdem hat sie das Gefälle im unteren Teil derselben stark verringert, so dass die Flüsse bei dem niederen Wasserstand im Sommer und Herbst allmählich verschlämmen. Das Hochwasser im Frühjahr fegt dann das angesammelte Ablagerungsmaterial in das Meer hinaus, wo es sich im seichten Küstenwasser allmählich zu einer Barre anhäuft, durch welche die Flussmündung verschlossen wird, so dass die Gewässer nicht mehr abfliessen können und sich hinter der Barre zu Seen ausbreiten,[1]) in denen das Wasser verdunstet und die Salze sich anhäufen. In ähnlicher Weise können auch flache Buchten durch das Ablagerungsmaterial benachbarter Flüsse eingedeicht werden; auf letzteren Vorgang ist die Entstehung der südlich des Donaudelta befindlichen grossen Seen zurückzuführen. Diese sind vom Meere durch eine verschieden breite Barre getrennt, die aus den Ablagerungen der Donau besteht, und auf der Dünen von beträchtlicher Höhe (50—60 m) durch die Winde aufgetürmt worden sind. Die Barre weist zwei Kanäle auf, die Portitza und Peritoasca, mittels deren die 5 zusammenhängenden Seen (siehe oben S. 15—16) mit dem Meere in Verbindung stehen. Der Salzgehalt der an den Kanälen gelegenen Seen Sinoe und Golovitza schwankt daher, je nachdem der Wind das Meereswasser in die Seen oder das süsse Wasser ins Meer treibt, sehr beträchtlich. Die grossen Seen empfangen neben der Taitza, dem zweitgrössten fliessenden Gewässer der Dobrutscha, und verschiedenen kleinen Bächen auch noch den Dunavětz, eine Abzweigung des III. Donauarmes St. Georg. Dieser Kanal, der beträchtliche Wassermassen führt, war in den letzten Jahren durch Zuschlämmen und Wucherung der Sumpfvegetation stark verstopft, so dass er nur wenig Wasser führte. Die Folge war ein Steigen des Salzgehaltes in dem See und ein erheblicher Rückgang der Süsswasserfische, so dass starke Baggerarbeiten zur Öffnung des Dunavětz vorgenommen werden mussten, um den Fischertrag auf die gewohnte Höhe zu bringen.

Die anderen Seen der Dobrutscha sind auch vom Meere durch eine Sandbarre getrennt und liegen teils an der Mündung von Gewässern, teils werden sie von unterirdischen Quellen und den Binnengewässern gespeist. Die sie vom Meere trennende Barre hat verschiedene Breite und trägt bei einigen Seen Dünen, bei anderen, z. B. L. Mangalia, wird die Barre bei stürmischem Wetter von den Wellen überflutet und es wird so die Verbindung mit dem Meere wenigstens zeitweise hergestellt. Das eindringende Meerwasser verdunstet und vermehrt noch den Salzgehalt der Seen.

5. Der See von Tekirghiol, D. Constantza. Dieser See befindet sich 16 km südlich der Hafenstadt Constantza und wird vom Meer vollständig durch eine 100—150 m breite Barre getrennt, die Dünen besitzt. Es gibt hier zwei Salzseen, die durch die Chaussee Constantza-Mangalia getrennt werden und miteinander nicht in Verbindung stehen. Der kleinere

[1]) Auch die Deltabildung muss durch eine Senkung erklärt werden, da sie eine Reihe von Seen darstellt, deren Grund tiefer als das Meeresniveau liegt.

See hat eine Oberfläche von 7,6 ha; der grosse See misst 1124,6 ha. Die Ufer des grossen Sees sind sehr unregelmässig und fallen steil ab. Bei Dürre nimmt die Ausdehnung des kleinen Sees bedeutend ab. Bei dem grossen See lässt sich eine Abnahme der Ausdehnung nicht beobachten, da er eine zu grosse Tiefe besitzt; doch wechselt sein Salzgehalt nach den Jahreszeiten oder nach der Feuchtigkeit des Jahres. Im Durchschnitt beträgt die Wasserdichte 1,061.

Die in Tabelle IV enthaltenen Analysen des Wassers und Schlammes sind von Dr. M. Georgescu, dem Chemiker der Ephorie der Spitäler, ausgeführt. Sie zeigen, dass der Salzgehalt des Sees den des Meeres um das vierfache übertrifft. Von den 7 % Salzen des Seewassers sind 6 % Chloride, von denen der grösste Teil (5,5 %) Kochsalz ist. Bemerkenswert ist auch der hohe Gehalt an Chlorkalium. An Sulfaten ist nur Gips und Magnesiumsulfat vorhanden. Ein Gehalt an Soda ist nicht festgestellt worden.

Die Flora und Fauna von Tekirghiol ist gleich der vom Lacul Sărat ärmlich; weder Phanerogamen noch Vertebraten sind darin vertreten. Von den Pflanzen kommt eine Alge, Cladophora cristalina, in grossen Mengen vor, und ihre zu Bündeln vereinigten Fäden bedecken den Boden des Sees. In geringeren Mengen finden sich noch zwei weitere Algen, Hormiscia speciosa und Rhizoclinum riparium vor.

Die Fauna des Tekirghiol ist viel reicher als die von Lacul Sărat und ist von Prof. Bujor eingehend beschrieben worden.[1]) Sie besteht aus einigen Arthropoden, Würmern und Protozoaren. Letztere zeichnen sich durch eine grössere Anzahl von Gattungen aus. Von diesen kommt Chlamydomonas Dunali auch hier in grossen Mengen vor; ebenso von den Crustaceen Artemia salina. Prof. Bujor bestätigt an Exemplaren dieses niederen Schalentieres aus Lacul Sărat und Tekirghiol die von Schmankewitsch beobachtete Umwandlung von A. Salina (Leach) in A. Mülhausenii (M. Edw.) bei wachsender Konzentration des Salzwassers.

In Tekirghiol findet sich ebenfalls der zu Moorbädern benutzte Schlamm vor, doch bedeckt derselbe nur einen Teil des Seegrundes, speziell in der Nähe des nördlichen Ufers, und zwar A. im Nordosten nahe der Badeanstalt der Ephorie und B. im Nordwesten nahe dem Städtchen Tekirghiol, wo er stellenweise eine 10—15 cm dicke Schicht bildet.

1000 Teile des nassen Schlammes enthalten von:

	A.	B.
Wasser und flüchtige Teile	300,300	275,000
Organische Substanz	181,400	106,660
Anorganische Substanz	518,300	620,340
Schwefelwasserstoff	in geringen, höchst wechselnden Mengen	
Kohlensäure		
Leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe .		
Summa:	1000,000	1000,000

[1]) P. Bujor, Contribution à la Faune des Lacs salés de Roumanie. Extrait des Annales Scientifiques de l'Université de Jassy. Vol. I fasc. 2 S. 18—25.

Die weitere Analyse des bei 125° getrockneten Schlammes ist in Tabelle IV A und B enthalten.

Die Entstehung des Schlammes kann in Tekirghiol gut beobachtet werden. Die Algenfäden, zumal von Cladophora cristalina, bilden dicke Knäuel, die viele der kleinen Wassertierchen einschliessen; diese Algenknäule werden durch Wind und Wellen losgerissen und in den stillen Buchten nahe dem Ufer abgelagert, wo sie unter dem Einfluss des Salzwassers einem Gärungs- und Zersetzungsprozesse unterliegen, aus dem dann der Moorschlamm entsteht. Verfolgt man den Schlamm vom Ufer gegen die Seemitte, so zeigt sich in der Nähe des Ufers der Schlamm als eine dunkle, feinkörnige, fettige Masse, in der sich keine Bestandteile mehr erkennen lassen; je weiter man aber gegen die Seemitte vordringt, desto grünlicher wird der Schlamm, desto leichter lassen sich halbzersetzte Algenfäden und tierische Reste erkennen, bis man ca. 10 m vom Ufer auf lebende Algen stösst, die den Boden wie ein dichter Filz bedecken.[1]) Auch im Schlamme von Lacul Sărat lassen sich noch grosse Mengen des Protozoar Chlamydomonas Dunali, sowie der Alge Oscillaria tenuis nachweisen; doch sind diese mit altem Schlamme vermischt und in allen Teilen des Sees gleich.

Die Salzböden. (Statistik. Ausdehnung.)

Rumänien besitzt leider noch kein öffentliches Grundbuch, so dass selbst die Daten der statistischen Abteilung des Ackerbau- und des Finanzministeriums nur auf Einschätzungen beruhen. Die Daten des Ackerbauministeriums werden durch alljährliche Erhebungen bei den lokalen Behörden und Gutsverwaltungen festgestellt und besitzen, was die Ausdehnung der Saaten und Ackerflächen anbetrifft, die alljährlich bei der Hälftlerwirtschaft vermessen werden, immerhin eine gewisse Genauigkeit. Dasselbe gilt für die Forsten und Gewässer. Weniger trifft dies hinsichtlich der Weiden und Wiesen zu, da hiervon auf den meisten Gütern eine genaue Vermessung nicht für nötig erachtet wurde. Am schlechtesten ist aber die Statistik der Ödländereien, denn diese wurden bei den Erhebungen des Ackerbau- und auch des Finanzministeriums nicht berücksichtigt, und die betreffenden Zahlen der Statistik geben nur die Fläche an, die nach Abzug des land- und forstwirtschaftlich benutzten Bodens nebst den Gewässern von der Gesamtoberfläche übrig bleibt. Da die neue Vermessung und Kartierung des Landes durch den Generalstab der Armee noch nicht beendet ist, so mussten auch für die Gesamtfläche ältere Karten benutzt werden. Alle die hierbei sich ergebenden Fehler finden in den Angaben über die Ausdehnung der Ödländereien ihren Ausdruck. Demgemäss sind die Angaben hierüber sehr verschieden und schwanken zwischen 7—18% der Landesoberfläche. Angaben über die Ausdehnung der einzelnen Kategorien von Ödländereien fehlen aber ganz, und so wäre der Versuch einer

[1]) Offenbar fördert der höhere Sauerstoffgehalt des Wassers in der Nähe des Ufers die Verwesung.

Abschätzung der rumänischen Salzböden heute ohne den geringsten Wert, da jede Grundlage hierzu fehlt.

Private Erhebungen haben hierbei auch geringe Aussichten auf Erfolg, da sie im Publikum nicht das nötige Verständnis finden. Hoffentlich wird sich in Zukunft die Statistik auch mit den Ödländereien beschäftigen. Anbei geben wir als relative Zahlen die auf privaten Erkundigungen beruhenden Angaben über die Ausdehnung der Salzländereien auf einigen Grossgütern des Bărăgan und der Moldau in pogon (Doppelmorgen) an.

Distrikt	Name des Gutes	Besitzer	Ausdehnung der Salzböden ca.
		Walachei.	
Brăila	Vizirene	G. Lupescu	1200—1500 pg.
R. Sărat	Stăvăresci	Dr. Blasianu	450— 500 „
„ „	„	Dorfweide	150 „
„ „	Voetinu	J. Grădisteanu	500— 600 „
„ „	Canatza	Vrânceanu	400 „
„ „	Gulianca	Stătescu	1000 „
„ „	Plesioiu	Mme. Bîlcuirescu	1000 „
„ „	Stubeiu	Alexandrescu	1000 „
Buzĕu	Monteoru	Dr. Andronescu	1300 „
„	Suditzi	Kirche St. Georg	800 „
„	Albesti	Cantacuzeno	400 „
		Moldau.	
Jassy	Cotnari	Staatsdomäne	60— 80 pg.
„	Sipote	„	100— 120 „
Dorohoi	Codreni	Lascar	60 „
Vasluiu	Prisacani	Economu	70— 90 „

Unterschied zwischen Walachei und Moldau.

Wie man aus den Angaben ersehen kann, ist die Ausdehnung der Salzböden in der Moldau viel geringer als in der Walachei. Die Ursache dieser Erscheinung wird in einem weiteren Kapitel besprochen werden.

Vorkommen der Salzböden.

Nach der geologischen Skizze von Murgoci könnte man annehmen, dass sich die Salzböden ausschliesslich auf die Täler und Ufer der Gewässer beschränken. Es trifft dies aber nur teilweise zu, denn in den betreffenden Gebieten ist weder der gesamte Boden dieser Täler salzhaltig, noch ist das Auftreten der Salzböden nur auf den Talboden beschränkt (s. a. S. 30); die Salzböden treten vielmehr als Flecken von unregelmässiger Gestalt und verschiedener Ausdehnung, teils an den Ufern der Gewässer, teils in einiger Entfernung davon auf. Die meisten Salzböden liegen in den Tälern, doch findet man sie auch auf der Hochebene, resp. in der Moldau auf den Hügeln und an den Abhängen.

Dass sie sich auf die Gebiete mit Steppenboden beschränken, ist schon erwähnt worden.

Aussehen und Erkennen der Salzböden.

Das Aussehen der Salzböden ist, soweit es die Bodenbeschaffenheit und die Vegetation anbetrifft, sehr mannigfaltig. Es lassen sich hierbei Typen feststellen, die verschiedenen Salzgehalt und verschiedene Meliorationsfähigkeit besitzen, sowie Übergänge zwischen denselben. Doch ist eine Beurteilung dieser Böden ohne Analysen nur dem Aussehen nach sehr schwer zu treffen, da nicht bei allen Bodenarten die Salze zutage treten und auch der Schädlichkeitsgrad der einzelnen Salze für die Vegetation ein sehr verschiedener ist. Ersteres führt dazu, dass manche Ödländereien nicht als Salzböden erkannt werden, letzteres, dass man die Unfruchtbarkeit solcher Böden für schlimmer hält, als sie in Wirklichkeit ist. Eine direkte Bestimmung der Art und Meliorationsfähigkeit eines Salzbodens kann nur nach der chemischen und physikalischen Untersuchung sowohl der Oberkrume als des Untergrundes erfolgen. Immerhin gibt es jedoch genügend indirekte Anzeichen, die sich an Ort und Stelle beobachten lassen und wertvolle Ergänzungen der Analysen im Laboratorium bieten.

In den Tälern treten die Salzböden als sehr bündige, schwere Bodenarten auf; dagegen sind die Höhensalzböden zwar auch feinkörnig, doch weniger bündig. Beide zeigen jedoch einen höheren Feuchtigkeitsgehalt als ihre Umgebung und lassen durch die Ansammlung des Regenwassers in Lachen und Pfützen auf eine schlechte Filtrationsfähigkeit schliessen.

Ebenso zeichnen sich die Salzböden durch eine schlechte physikalische Beschaffenheit aus, die ihre Bearbeitung sehr erschwert. Bei Nässe bildet sie eine zerfliessende plastische Masse, die sich leicht verschmiert, und in der Tiere und Menschen oft tief einsinken. Auch die Wasserkapazität dieser Böden ist sehr gross, so dass sich in den Pflugfurchen und in den ausgehobenen Gräben Wasser ansammelt, worunter sie leicht verschlämmen. Der Boden hält dabei das Wasser sehr fest und trocknet nur langsam ab, wodurch die Frühjahrsbestellung stark verzögert wird. In der Dürreperiode trocknet dagegen der Boden stark aus, wobei durch dichte Zusammenlagerung der Partikel sein Volumen sich vermindert und tiefe Risse entstehen. In diesem Zustande ist der Boden steinhart und kann nur mit der Spitzhacke bearbeitet werden. Die grossen Schollen widerstehen der Egge, Walze und sonstigen Zerkleinerungsgeräten und es lassen sich selbst mit dem Hammer nur scharfkantige Splitter erzielen. Am härtesten sind die Stücke, die bei Bearbeitung des Bodens in nassem Zustande entstehen, da hier die Bodenporen durch den Druck der Geräte verschmiert werden.[1])

Beim Grabenauswerfen und bei Profilsondierungen zeigt es sich, dass die Zähigkeit der einzelnen Schichten des Salzbodens verschieden ist.

[1]) Bei den Vegetationsversuchen in Tonröhren (s. S. 86) fanden sich solche Stücke nach der Ernte an der Seite eines Gefässes in ca. 5 cm Tiefe in derselben Beschaffenheit vor, wie sie 4 Monate früher eingefüllt wurden.

Die oberste, meist hellgraue bis schwarze Schicht ist weniger bündig und hat 5—20 cm Dicke. Darunter liegt eine braungraue oder schwarzgraue zweite Schicht von 20—80 cm Stärke, die in trockenem Zustand äusserst hart und zäh ist und Säulenstruktur aufweist. Auf diese folgt als dritte Schicht gelblich-grauer oder gelber Löss oder Lössmergel, der reich an Karbonaten ist, die zum Teil in Form von Kalkkonkretionen und Pseudomycel auftreten. Bei einigen Böden finden sich oberhalb der Kalkkonkretionen noch Gipskristalle im Boden eingeschlossen.[1])

Der im Untergrund der Salzböden häufig auftretende gelbe Lössmergel zeigt gleich dem eigentlichen Löss keine Struktur, doch ist seine Körnung dichter als die des gewöhnlichen Lösses. Die Grenzen der einzelnen Schichten sind wie bei den meisten Steppenböden auch bei den Salzböden nicht scharf abgegrenzt, doch ist der Übergang deutlich genug zu erkennen. Eine horizontale Stratifikation gleich wie bei den sedimentären Böden lässt sich meist nicht nachweisen und auch der Übergang vom Salzboden zu dem fruchtbaren Ackerland lässt sich besser an der etwas eingesunkenen Oberfläche der Salzböden erkennen als in dem Profil. Das Einsinken der Bodenoberfläche erfolgt meist nur bei den strengen Salzböden und auch hier nur stellenweise, so dass der Boden dadurch ein eigentümliches Gepräge erhält, welches am besten durch die Bezeichnung „pockennarbig" charakterisiert wird. In den vertieften Stellen sammelt sich im Frühjahr klares oder durch Humus gefärbtes Wasser an, das beim Austrocken eine dunkle Kruste mit hellem Rand hinterlässt. Im Sommer oder nach längerer Dürre bedecken sich die meisten Salzböden mit einer weissen Kruste oder moosartigen Schicht von feinen Kristallen, die so stark sein kann, dass der Boden wie beschneit erscheint; ebenso bedecken sich die Stengel und Blätter von Pflanzen, die am Rande der Pfützen stehen, mit einer weissen Kruste von Salzen, die im Wasser löslich ist.

Die Salzauswitterungen sind am stärksten in den von der Vegetation nicht bedeckten Stellen, und es lassen sich mit der Lupe oft die Formen der Kristalle und damit die Art der ausblühenden Salze bestimmen. Da aber bei den sodahaltigen Böden das Ausblühen der Salze unterbleibt, so ist der Mangel einer solchen Auswitterung nicht genügend, um zu beweisen, dass ein unfruchtbarer Boden kein Salzboden ist.

Als weiteres äusseres Merkmal zur Erkennung eines Salzbodens dient noch die natürliche Vegetation desselben, die auch wichtige indirekte Schlüsse auf seinen Salzgehalt ziehen lässt.

Vegetation der Salzböden.

Die auf den Salzböden sich ansiedelnde natürliche Vegetation zeigt in ihrer Zusammensetzung und Entwickelung der Pflanzen ein von der Umgebung abweichendes Bild.

[1]) Diese Kristalle fanden sich bei den Böden Stăvăresci III c und IV c als $1^1/_2$ bis 2 mm lange doppelte Lanzetten beim Zerschlagen in den Erdklumpen vor.

Die Veränderung der Vegetation durch die Zufuhr von Kochsalz hat F. Wohltmann in Bonn-Poppelsdorf bei Rieselversuchen mit kochsalzhaltigem Wasser nachgewiesen. Es hatten sich hierbei auf den stark berieselten Wiesenparzellen Nr. IV und V die Gramineen und Kleearten sehr verringert und statt ihrer waren folgende Pflanzen in der Mehrzahl vertreten: Plantago major und P. lanceolata, Taraxacum, Polygonum aviculare.

Es sind dieses die aus der normalen Wiesenflora gegen Salze am wenigsten empfindlichen Pflanzen, die sich auch in Rumänien auf den Böden mit geringem Salzgehalt einfinden. Der verschieden starke Wuchs der Pflanzen lässt auch bei dieser Flora Unterschiede im Salzgehalt der damit bewachsenen Böden vermuten. Neben diesen gegen Salze minder empfindlichen Pflanzen gibt es eine ganze Reihe von solchen, die als salzliebend bezeichnet werden und deren Vorkommen für die extremen Salzböden charakteristisch ist. Die in Rumänien hiervon nachgewiesenen finden sich in der folgenden Tabelle nach dem Alphabet geordnet, zugleich mit der Angabe, in welchem der 3 Landesteile, Moldau (M.), Walachei (W.) oder Dobrutscha (D.) ihr Vorkommen bis jetzt festgestellt wurde.[1])

1.	Artemisia maritima	M.	W.	D.	16.	Galatella punctata	M.	W.	—
2.	„ santonicum	„	„	—	17.	Hordeum maritimum	—	„	D.
3.	Aster tripolium	„	„	—	18.	Kochia arenaria	M.	—	„
4.	„ „ pannonicum	„	„	—	19.	„ hirsuta	„	—	—
5.	Atriplex latifolia	„	—	—	20.	„ prostrata	„	—	D.
6.	„ littoralis	„	—	—	21.	Lepigonum marginatum	—	—	D.
7.	„ nitens	„	W.	—	22.	Obione portulacoides	M.	W.	—
8.	„ tartarica	„	„	—	23.	„ pedunculata	—	„	—
9.	Camphorosma ovata	„	„	—	24.	Plantago maritima	—	„	—
10.	Chenopodium glaucum	„	„	—	25.	Salicornia herbacea	M.	„	D.
11.	Chenopodium rubrum	„	„	—	26.	Salsola Kali	„	„	„
12.	Crambe maritima	—	—	D.	27.	„ Soda	—	„	—
13.	Crypsis aculeata	M.	—	—	28.	„ (Schoberia) maritima	M.	„	—
14.	„ schoenoides				29.	Statice Gmelini	„	„	D.
15.	Eryngium marginatum	—	—	D.	30.	Trifolium procumbens	—	—	„

Von diesen 30 Pflanzen sind einige zwar als salzliebend zu bezeichnen, da sie einen gewissen Salzgehalt im Boden bevorzugen; sie kommen aber nicht auf den extremen Salzböden vor, sondern meist in deren Umgebung auf den fruchtbaren Äckern oder in der Dobrutscha auf den Sandbarren, die die Limane vom Meer absondern und in den Dünentälern, deren Boden ebenfalls salzhaltig ist. Es sind dies:

[1]) Diese Angaben stützen sich teils auf eigene Beobachtungen, teils auf die schon früher erwähnten Werke oder auf Prodromul Florei Române von D. Brânza, Bukarest 1883, und Conspectul, Florei Române von G. Grecescu. Bukarest 1895.

1. Crambe maritima,
2. Eryngium ratimum,
3. Hordeum maritimum,
4. Linaria genistifolia,
5. Salsola Kali,
6. Salsola Soda,
7. Trifolium procumbens.

Die Flora der extremsten Salzböden ist gleich der der Salzseen sehr beschränkt und besteht hauptsächlich aus Salicornia herbacea, Statice Gmelini und Kochien.

Beschreibung und Untersuchung einiger Salzböden.

Es folgt nun die Beschreibung einiger Salzböden, mit deren Untersuchung sich der Verfasser beschäftigt hat. Es musste hierbei auch auf eine nähere Schilderung der lokalen, Boden- und Niveauverhältnisse eingegangen werden, um alle Punkte zu einer richtigen Schlussfolgerung zu bieten.

Die Salzböden von Stăvăresci-Amara.

Das Gut Stăvăresci-Amara liegt im Nordosten des Bărăgan ca. 30 km von der Stadt R. Sărat entfernt. Es gehört zum Steppengebiet, denn der in der Gegend vorherrschende Boden ist schokoladenbrauner Tschernozem; auch fehlen hier die Wälder, und die Landschaft hat, zumal im Süden, ganz das Gepräge der Steppe, in der nur die Tumuli einen Ruhepunkt für das Auge gewähren. Die am nächsten gelegenen zwei meteorologischen Stationen IV. Ordnung Slobozia Galbenu im Südosten und Vâlcelele im Südwesten haben im Mittel je 463 und 435 mm jährliche Regenmengen. Neben fruchtbarem Boden besitzt das Gut auch ca. 250 ha Salzländereien am Ufer des Sees Balta-Amară und im Tale des Infundu; weitere 75 ha Salzland gehören der Gemeindeweide an.

Das Terrain senkt sich zwischen Ghergheasa und Amara am linken Ufer des Bächleins Infundu und geht in eine Ebene über, deren Fläche allmählich von Nordosten nach Südwesten geneigt ist und gegen das Bachbett keinen sichtbaren Abhang zeigt; vielmehr setzt die Neigung des Bodens unverändert auch auf das linke Ufer über, wo sie durch den 20 bis 30 m hohen steilen Abhang einer Hochebene abgeschlossen wird. In der Nähe von Stăvăresci entfernt sich das Bett des Baches nach links von diesem Abhang und ist 2,5—3 m tief in den Boden des Tales eingegraben. Die Niveauaufnahme eines Ingenieurs hat ergeben, dass die Talsenkung ihren tiefsten Punkt nicht im Bachbette besitzt, sondern am rechten Ufer in der Nähe des Abhanges, so dass die Bachsohle stellenweise höher als die Oberfläche dieser Stellen liegt. In dieser Terrainsenkung sammelt sich im Frühjahr das Wasser an und bleibt bis Ende April-Mai in Pfützen darauf stehen. Doch kommen Überschwemmungen des Bächleins selten vor.

Nach Süden wird das Tal von dem ca. 200 ha grossen See Amara abgeschlossen, der sich am rechten Ufer noch an den Abhang der Hochebene anlehnt. An seinem südlichen Ende hört jedoch diese Hochebene auf und fällt mit ebenso steilem Abhang terrassenförmig nach Süden gegen die flache Ebene des Bărăgan ab.

I und II. Diagramme des Salzgehaltes der Böden. Stăvăresci Ia—c und IIa—c.

Tiefe. Wasserlösliche Salze in Prozenten des Bodens.

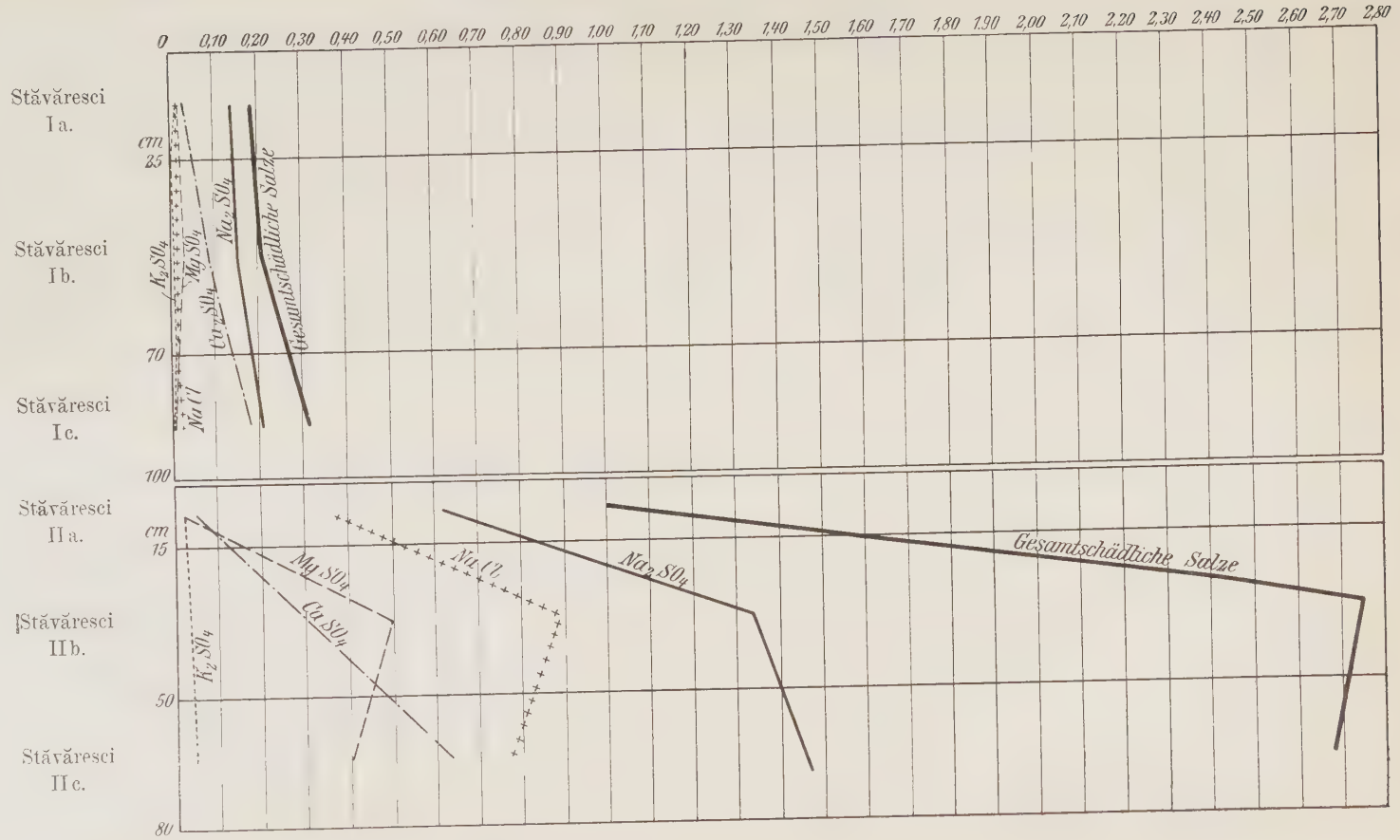
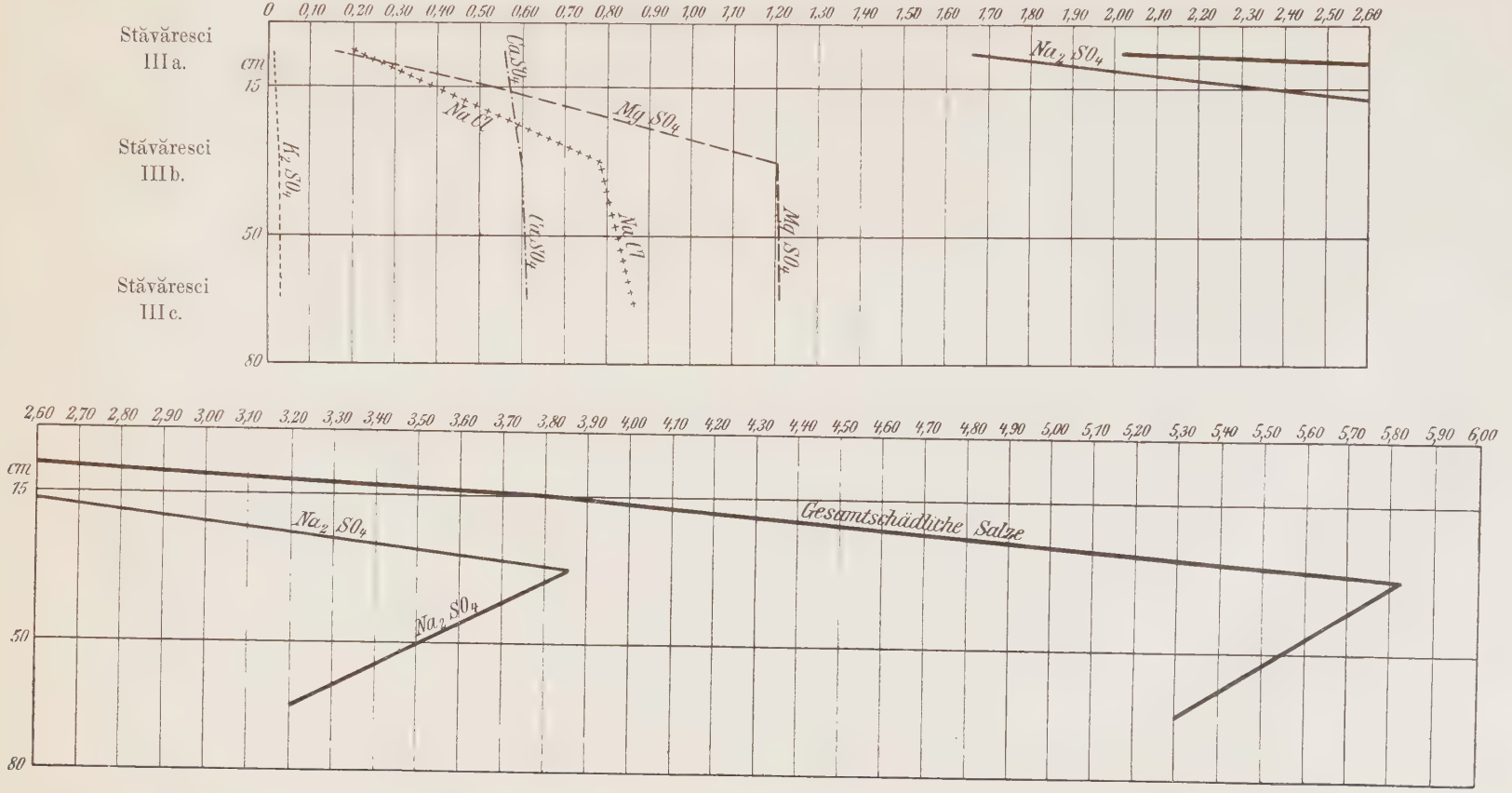


Diagramm des Salzgehaltes des Bodens Stăvăresci III.

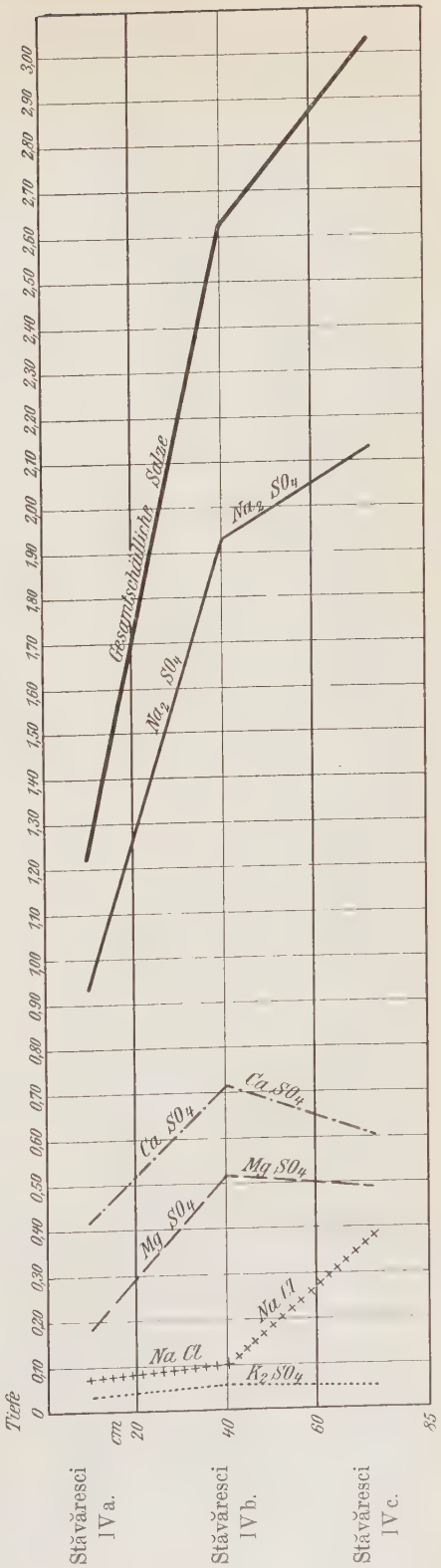
Wasserlösliche Salze in Prozenten des Bodens.



Der Buzĕu kommt vom Westen unterhalb der Terrasse und fliesst südlich vorbei. Zwischen ihm und dem See befindet sich ein ca. 1 km breiter Streifen, der durch die Anschotterungen des Flusses etwas erhöht ist. Auch das linke östliche Ufer liegt etwas höher, so dass der See bei Hochwasser sich nur nach Norden talaufwärts verbreitert und hier ca. 100—150 ha Uferland überschwemmt, bis er in dem Damm der Chaussee Amara-Stăvăresci ein Hindernis findet.[1]) Bei sehr hohem Wasser überflutet der Buzĕu sein Ufer und vereinigt sich vom Süden her mit dem See.

Die Salzböden befinden sich sowohl im gesamten Überschwemmungsgebiet des Sees als auch auf beiden Seiten des Bächleins Infundu nördlich der Chaussee in einer Ausdehnung von ca. 250 ha. Am stärksten treten sie am tiefer gelegenen rechten Ufer auf, dort, wo im Frühjahr das Wasser stagniert. Der obere Teil des verbreiterten Tales, in welchem das Bächlein näher dem Abhang fliesst, ist salzfrei. Hingegen finden sich Salzböden noch in dem sumpfigen Quellgebiet des Baches bei Sălcióra und am linken Ufer nördlich des Dorfes Ghergheasa auf dem Hochplateau. Die Salzböden liegen hier am Rande einer Wasserlache, die ihren Abfluss nach Osten

[1]) Diese Chaussee hatte früher eine andere Richtung, so dass sie das Vordringen der Überschwemmungswasser nicht hinderte; auch letzteres ist zurückgegangen; 1909 blieb es 600 m von der Chaussee entfernt.



IV. Diagramm des Salzgehaltes der Böden. Stavaresci IV a—IV c.
Wasserlösliche Salze in Prozenten des Bodens.

hatte. Das sich darin sammelnde Regenwasser hat sich in den letzten Jahren einen Weg zum nahen Tale des Infundu gebahnt und seitdem ist die Wasserlache viel kleiner geworden. Auch die Ausdehnung des Alkalibodens ist hier ohne menschliche Hilfe im Schwinden, was, wie ich vermute, mit dem besseren Abfluss der sonst an Ort und Stelle verdunstenden Binnenwässer zusammenhängt. Die Flora besteht aus Salzpflanzen, hauptsächlich Salicornia und Statice Gmelini; diese waren aber nur kümmerlich entwickelt, was auf geringen Salzgehalt schliessen lässt. Das ganze Areal des Salzbodens umfasst gegenwärtig nur ca. 2—3 ha, während früher 25 ha davon bedeckt waren.

Die noch weiter talaufwärts an der Quelle des Bächleins Infundu gelegenen Salzböden von Sălcióra bildeten ursprünglich ein sumpfiges Terrain, das nur Salzpflanzen trug. Hier hat das Ableiten des Wassers durch Umpflügen des Bodens die Salze in einigen Jahren verschwinden lassen, doch sollen auch diese Böden nicht einen so extremen Charakter wie in Stăvăresci gehabt haben.

Die Salzböden von Stăvăresci zeigen in ihrer Begrenzung unregelmässige Form, auch sind darauf mehrere Zonen zu erkennen, in denen der Stand der Vegetation und das Aussehen des Bodens einen verschieden hohen Salzgehalt vermuten lassen. Es zeigten sich 4 Zonen im Laufe des Tales. Den obersten Teil desselben, Zone I, bildet fruchtbare Schwarzerde, die mit einem normalen Graswuchs bestanden ist. Ein Teil dieses Gebietes wurde von den Bauern, die das Gut gepachtet, umgeackert und hat befriedigende Ernten, ähnlich den gleichen Böden auf der Hochebene gegeben.

Das Profil der Zone I zeigte eine dunkle Oberschicht Ia von Schwarzerde Tschernozem (0—25 cm Tiefe), die etwas dunkler ist als der Boden der höher gelegenen Äcker, jedoch eine gute krümelige Beschaffenheit hat. Die Karbonate fehlen darin, da der Boden mit HCl nicht aufbraust. Darunter folgt die etwas hellere Mittelschicht (25—70 cm), die sonst mit der Oberkrume grosse Ähnlichkeit hat und ebenfalls mit HCl nicht aufbraust. Der Untergrund ist gelber Löss, der mit HCl ein schwaches Aufbrausen zeigt.

Wesentlich anders zeigte sich der Boden der Zone II, die im Niveau nur einige Centimeter tiefer liegt und deren Grenzen unregelmässig in Ausbuchtungen und Inseln in die erste Zone eindringen. Die Vegetation dieses Bodens besteht teils aus Salzpflanzen, unter welchen Salicornia herbacea, Statice Gmelini neben Suaeda Salsa, Artemisia santonicum, Chenopodium rubrum überwiegen; teils aus vereinzelt vorkommenden Rasenflecken, die auf kleinen, mehrere Centimeter hohen Erdkegeln stehen, zwischen denen sich die Wasserlachen und Rinnen im Frühjahr ansammeln. Die Vegetation dieser Kegel besteht aus: Triticum repens, Polygonum aviculare, Plantago media, Pl. maritima, Sonchus palustris, Taraxacum officinale und T. palustre, Festuca arundinacea usw.

Die Pflanzen waren 1909 sehr klein und an den Boden gedrückt. Es kommen meist zwei Vegetationsperioden vor, da im Sommer durch die Dürre alles abstirbt. Die Salzpflanzen in diesem Gebiet weisen kein so üppiges Wachstum auf, wie in den folgenden Zonen III und IV. Das Bodenprofil von Zone II ergab 3 Schichten, eine 10—15 cm hellgraue, dünne, krümelige Oberschicht IIa, darunter folgt eine dunkelgraue, stark wasserhaltige und undurchlässige Schicht IIb in 15—50 cm Tiefe; beide brausen mit Salzsäure nicht auf. Die dritte Schicht IIc in 50—80 cm Tiefe ist gelber Lössmergel, der eine etwas dichtere Struktur als Löss hat und mit Salzsäure aufbraust.[1]) Im unteren Teile des Tals finden sich, nach der Vegetation und dem Ausblühen der Salze zu urteilen, die salzhaltigsten Böden. Die Chaussee Amara-Stăvăresci teilt diese Region in zwei Zonen, von der die letzte Nr. IV von dem See im Frühjahr überschwemmt wird, Nr. 3 dagegen nicht. Sonst sind beide Zonen einander sehr ähnlich. Die Vegetation besteht zu etwa 90% aus Salicornia herbacea, die einen üppigen Wuchs hat; dazwischen finden sich verschieden grosse kahle Flecken, auf denen das Wasser im Frühjahr am längsten stagniert und die Salzauswitterung im Sommer am stärksten ist. Von solchen Flecken oberhalb der Chaussee wurde die Probe des Profils III entnommen. Die erste Schicht IIIa von 15—20 cm Mächtigkeit ist bündiger und dunkler als die entsprechende Schicht IIa; sie braust ebenfalls nicht auf. Darunter folgt eine 40 cm dicke Schicht, die teilweise mit Kalkkonkretionen, sog. Pseudomycel, durchsetzt ist und dementsprechend stark aufbraust. Durch eine Reihe von Sondierungen wurde festgestellt, dass diese Kalkausscheidungen und das Aufbrausen des Bodens nach dem oberen Teile des Tales zu immer mehr abnimmt, um beim Übergang in die Region II ganz aufzuhören. Die dritte Schicht IIIc von 50—80 cm ist gelblich grau gefärbt und stark wasserhaltig. Bei der Probeentnahme am 25. Mai 1909, als schon seit einigen Wochen Trockenheit und Wind herrschte, so dass die Ernte der Äcker ringsum wegen Dürre bedroht war, und die obere Schicht IIIa so stark ausgetrocknet war, dass sich 8—10 cm tiefe Risse darin gebildet hatten, enthielt die Schicht IIIc noch so viel Wasser, dass an der vom Spaten abgestochenen Wand Wassertropfen ausquollen. Der Stand des Grundwasserspiegels wurde in 85—90 cm Tiefe angetroffen. Das Profil der Zone IV glich ganz der Zone III, nur zeigte sich darin die Menge der Karbonate selbst in der obersten Schicht IVa als bedeutend und die Kalkkonkretionen waren in der Schicht IVb viel reichlicher vorhanden als in IIIb und füllen die Kanäle früherer Pflanzenwurzeln oder bilden kleine Knöllchen und Pseudomycel. Der Grundwasserspiegel liegt bei 75—80 cm. Bei der chemischen Untersuchung wurden die einzelnen

[1]) An dem Ufer des Bachbettes zeigt es sich, dass diese Schicht das ganze Tal bis zum Bittersumpf unterlagert; ebenso zeigte ein Brunnen in der Zone IV, der 300 m vom Bache entfernt nahe am Abhang sich befindet, den gelben Mergellöss nahe am Wasserspiegel in ca. 1 m Tiefe.

Tabelle VI.

Chemische Untersuchung der Böden von Stăvăresci. D. R. Sărat.

Boden I.

Oberster Teil der Talsenkung. Fruchtbare Schwarzerde. Ackerland.

Bezeichnung	Nr. Ia Ackerland (Schwarzerde)	Nr. Ib	Nr. Ic
Tiefe	0—25	25—70	70—90
Gehalt an	%	%	%
Feinerde	100	100	100
Feuchtigkeit	1,88	2,020	2,29
Karbonate	0,20	0,42	6,15
Kalter Wasserauszug:			
Farbe	braungelb	gelb	hellgelb-farblos
Gesamttrockensubstanz	0,2376	0,4100	0,5452
Glühverlust	0,0928	0,0934	0,0536
Chlor (Cl)	0,0089	0,0096	0,0198
Schwefelsäure (SO_3)	0,0997	0,1648	0,2280
Kieselsäure (SiO_2)	0,0026	0,0050	0,0040
Eisen-Tonerdehydrat ($AlFeO_3$)	0,0012	0,0042	0,0048
Kalziumoxyd (CaO)	0,0109	0,0361	0,0744
Magnesiumoxyd (MgO)	0,0020	0,0081	0,0078
Kaliumoxyd (K_2O)	0,0087	0,0101	0,0146
Natriumoxyd (Na_2O)	0,0654	0,0769	0,0899
Verbindungen:			
NaCl	0,0146	0,0156	0,0320
Na_2CO_3	—	—	—
Na_2SO_4	0,1320	0,1569	0,2012
K_2SO_4	0,0160	0,0187	0,0270
$MgSO_4$	0,0060	0,0241	0,0142
$CaSO_4$	0,0240	0,0876	0,1806
Fluorammoniumschmelze des Gesamtbodens:			
K_2O	0,8214	1,4732	1,0269
Na_2O	3,5178	4,9622	4,8574

Schichten der Bodenprofile auf ihren Gehalt an wasserlöslichen Salzen geprüft. Hierzu diente ein Wasserauszug, der folgendermassen hergestellt war: In dem lufttrockenen Boden wurde der Wassergehalt bestimmt. Dann wurden in mehreren Schüttelflaschen von 1 l Inhalt je 200 g Boden mit 800 g destilliertem Wasser (abzüglich des im Boden vorhandenen Wassers) 3 Stunden im Schüttelapparat geschüttelt und 20 Stunden stehen gelassen; die nach dem Absetzen überstehende Flüssigkeit wurde abgehebert, filtriert und abgemessen.[1]) Der zurückbleibende, stark gequollene Boden, der noch

[1]) Hierdurch konnte die im Boden zurückbleibende Menge von Salzen bestimmt werden.

Tabelle VII.

Chemische Untersuchung der Böden von Stăvăresci-Amara. D. R. Sărat.

Boden II. Mittlerer Teil der Talsenkung. Leichter Salzboden.			
Bezeichnung	Nr. II a	Nr. II b	Nr. II c
Tiefe	0—15	15—50	50—80
Gehalt an	%	%	%
Feinerde	100	100	100
Feuchtigkeit	2,890	6,683	6,560
Karbonate	0,28	0,64	5,62
Kalter Wasserauszug:			
Farbe	hellgelb	gelb	hellgelb
Gesamttrockensubstanz	1,0610	3,2320	3,6080
Glühverlust (org. Subst. + chem. geb. H_2O)	0,0322	0,0928	0,2292
Cl	0,2158	0,5346	0,4716
SO_3	0,3875	1,2570	1,4620
CO_2	—	—	—
SiO_2	0,0042	0,0080	0,0050
$AlFeO_3$	0,0016	0,0066	0,0082
CaO	0,0101	0,1133	0,2648
MgO	0,0054	0,1687	0,1364
K_2O	0,0118	0,0130	0,0196
Na_2O	0,4640	1,0020	0,9943
Verbindungen:			
NaCl	0,3561	0,8822	0,7785
Na_2CO_3	—	—	—
Na_2SO_4	0,6250	1,3304	1,4652
K_2SO_4	0,0219	0,0242	0,0363
$MgSO_4$	0,0164	0,5036	0,4069
$CaSO_4$	0,0245	0,2750	0,6426
Fluorammoniumschmelze des Gesamtbodens:			
K_2O	1,8253	2,3430	2,0773
Na_2O	6,6223	8,6625	7,3424

$^1/_4$—$^1/_3$ der Salzlösung enthielt, wurde getrocknet und zu Vegetationszwecken verwendet. In dem Wasserauszug wurden die Säuren und Basen qualitativ und quantitativ [1]) bestimmt. Die elektrolytische Bestimmung der Salze ist nach Gedroiz Untersuchungen sehr ungenau und wurde daher von mir nicht angewandt.[2])

[1]) Die einzeln bestimmten Basen und Säuren sind dann zu den entsprechenden Verbindungen umgerechnet worden.

[2]) Siehe Journal für experimentelle Landwirtschaft. St. Petersburg 1900, S. 48. K. Gedroiz, Die elektr. Methode von Whytney und Means zur Bestimmung des Salzgehaltes der Böden.

Tabelle VIII.

Chemische Untersuchung der Salzböden von Stăvăresci-Amara.

Boden III.
(Nicht überschwemmter Boden nördlich der Chaussee Amara-Stăvăresci.)

Bezeichnung	Nr. III a	Nr. III b	Nr. III c
Tiefe	0—15	15—50	50—80
Gehalt an	%	%	%
Feinerde	100	100	100
Feuchtigkeit	5,543	7,793	6,580
Karbonate	1,40	9,15	10,20
Kalter Wasserauszug:			
Farbe	dunkelgelb	gelb	hellgelb
Gesamttrockensubstanz	2,7200	7,1677	6,4708
Glühverlust	0,1312	0,6085	0,4532
Chlor Cl	0,1320	0,4752	0,5280
Schwefelsäure SO_3	1,3889	3,3369	2,9110
Kohlensäure CO_2	—	—	—
Kieselsäure SiO_2	0,0077	0,0080	0,0076
Eisentonerde $AlFeO_3$	0,0024	0,0168	0,0172
Kalziumoxyd CaO	0,2284	0,2472	0,2520
Magnesiumoxyd MgO	0,1519	0,4044	0,4062
Kaliumoxyd K_2O	0,0128	0,0148	0,0195
Natriumoxyd Na_2O	0,8527	2,0999	1,8596
Verbindungen:			
NaCl	0,2178	0,7782	0,8713
$NaCO_3$	—	—	—
Na_2SO_4	1,6845	3,8552	3,2192
K_2SO_4	0,0237	0,0271	0,0360
$MgSO_4$	0,1551	1,2065	1,2121
$CaSO_4$	0,5543	0,6000	0,6116
Fluorammoniumschmelze des Gesamtbodens:			
K_2O	1,8116	3,0676	2,8502
Na_2O	9,3190	16,8450	13,1138

Die Analysenresultate sind in Tabellen VI—IX angegeben. Diese zeigen, dass in Zone I in der Oberkrume 0,1948 %, im Untergrund 0,2156 % wasserlösliche Mineralsalze vorhanden sind; der grösste Teil war Glaubersalz Na_2SO_4, dessen Menge von 0,1380 in der Oberkrume dem Pflanzenwuchs anscheinend nichts schadete. Es stimmt dieses mit den Erfahrungen von LOUGHRIDGE in Kalifornien überein. Das weit schädlichere Chlor war in der Oberkrume mit 0,0089 %, im Untergrund mit 0,0094 % vertreten. Auf Kochsalz NaCl umgerechnet ergibt das 0,0140 resp. 0,0156 %, eine Menge, welche die Kulturpflanzen gut vertragen. Nur im tieferen Unter-

Tabelle IX.

Chemische Untersuchung der Salzböden von Stăvăresci-Amara.

Boden IV.
(Überschwemmungsgebiet des See Amara südlich der Chaussee.)

Bezeichnung	Nr. IVa	Nr. IVb	Nr. IVc
Tiefe	0—20	20—60	60—85
Gehalt an	%	%	%
Feinerde	100	100	100
Feuchtigkeit	1,88	7,03	6,29
Karbonate	10,95	12,25	13,20
Kalter Wasserauszug:			
Farbe	dunkelgelb	dunkelgelb	gelb
Gesamtlösliche Salze	1,7936	3,7696	4,0792
Glühverlust	0,1289	0,4173	0,4023
Cl	0,0443	0,0609	0,2253
SO_3	0,9159	1,8868	1,9192
CO_2	—	—	—
SiO_2	0,0041	0,0026	0,0008
$AlFeO_3$	Spuren	—	—
CaO	0,1735	0,2980	0,2520
MgO	0,0614	0,1741	0,1665
K_2O	0,0198	0,0273	0,0263
Na_2O	0,4482	0,8972	1,1359
Verbindungen:			
NaCl	0,0730	0,1004	0,3714
Na_2CO_3	—	—	—
Na_2SO_4	0,9393	1,9354	2,1387
K_2SO_4	0,0367	0,0507	0,0489
$MgSO_4$	0,1833	0,5198	0,4971
$CaSO_4$	0,4223	0,7233	0,6117
Fluorammoniumschmelze des Gesamtbodens:			
K_2O	2,7536	2,9952	2,5121
Na_2O	7,1133	15,2521	11,0627

grund Ic fanden sich bedeutendere Mengen von Salzen vor, die aber dem Graswuchs nicht schadeten. Hingegen ist der Salz- und Chlorgehalt der einzelnen Schichten von Zone II, III und IV wesentlich höher und überschreitet die Grenzen, die die meisten Kulturpflanzen vertragen. Zur besseren Übersicht dienen die Diagramme, welche auch über die Verteilung der Salze in den einzelnen Bodenschichten Aufschluss geben. Sie zeigen, dass der Hauptgehalt an Salzen nicht in der obersten Schicht enthalten ist, sondern dass die oberste Schicht einen geringeren Gehalt hat als die folgenden, und dass in der dritten Schicht der Salzgehalt wieder abnimmt.

Tabelle X.

Mechanische Analyse der Salzböden von Stăvăresci-Amara.

Bezeichnung:	Tiefe	Schönsche Schlämmanalyse						Mechanische Analyse nach Schloesing		
		Feinstes	Staub	Sand				Tonige Teile		Sand und Grand
		Korngrösse (Durchmesser in mm)								
		bis 0,01	0,01 bis 0,05	0,05 bis 0,1	0,1 bis 0,2	0,2 bis 1,0	über 1,0	Ton	Quarzstaub	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
Stăvăresci Nr. Ia: Oberer Teil des Tales. Fruchtbarer Czernozem. Ackerkrume	0—25	39,78	26,88	17,12	14,32	1,88	—	49,80 21,40	28,40	49,50
Stăvăresci Nr. Ib: Mittelschicht	25—70	56,80	28,60	88,76	4,90	1,00	—	51,30 23,10	28,20	47,50
Stăvăresci Nr. Ic: Untergrund	70—100	65,14	18,90	9,98	5,08	0,86	—	47,50 22,30	25,20	51,70
Stăvăresci Nr. IIa: Mittlerer Teil des Tales. Salzboden, Oberkrume	0—15	59,00	13,66	19,32	6,56	1,46	0,04	65,00 31,90	33,10	23,90
Stăvăresci Nr. IIb: Mittelschicht	15—50	72,96	9,96	9,64	6,18	1,10	0,26	85,80 52,60	33,20	5,60
Stăvăresci Nr. IIc: Untergrund	50—80	61,24	11,96	22,60	3,30	0,72	—	54,70 29,40	25,30	40,00
Stăvăresci Nr. IIIa: Salzboden nördlich oberhalb der Chaussee. Oberkrume	0—15	77,06	12,50	7,10	2,24	1,10	—	87,00 51,90	35,10	7,30
Stăvăresci Nr. IIIb: Mittelschicht	15—50	77,58	8,10	11,34	1,72	1,00	0,28	78,90 44,00	34,90	7,70
Stăvăresci Nr. IIIc: Salzboden nördlich der Chaussee, Untergrund	50—80	77,22	11,30	8,92	1,20	1,04	0,20	78,70 46,30	32,40	7,30
Stăvăresci Nr. IVa: Salzboden südlich der Chaussee. Überschwemmungsgebiet des Salzsees. Obere Schicht	0—20	87,02	8,56	0,96	2,88	0,62	0,10	71,00 47,00	24,00	15,00
Stăvăresci Nr. IVb: Mittelschicht	20—60	78,10	15,43	3,37	1,43	2,00	0,20	78,10 46,20	31,90	7,50
Stăvăresci Nr. IVc: Untergrund	50—85	77,67	6,27	9,67	4,53	2,95	0,21	78,00 40,30	37,70	7,40

Es entspricht dieses vollkommen den Verhältnissen in der Verteilung der Salze in den amerikanischen, ungarischen und russischen Salzböden. Dabei sind die Böden von Stăvăresci zu den extremsten Bodenarten zu rechnen, wie sowohl die chemische als die physikalische Analyse (Tabelle X) zeigt, denn ihre grosse Bündigkeit vermehrt noch die Schädlichkeit der Salze.

Interessant sind die Ergebnisse der Schloesingschen Schlämmanalysen (Tabelle X), welche zeigen, dass ein grosser Teil der feinen Partikel unter 0,05 mm nicht aus Ton sondern aus feinem Quarzstaub besteht, der sich nach 24 Stunden Stehenlassen aus der Flüssigkeit absetzt, während Ton und Humus suspendiert bleiben. Es gehören also auch die Böden von Stăvăresci nicht zu den ausgesprochenen Tonböden, sondern mehr zu den Staubböden, und ihre schlechte physikalische Beschaffenheit ist auf die Salze zurückzuführen.

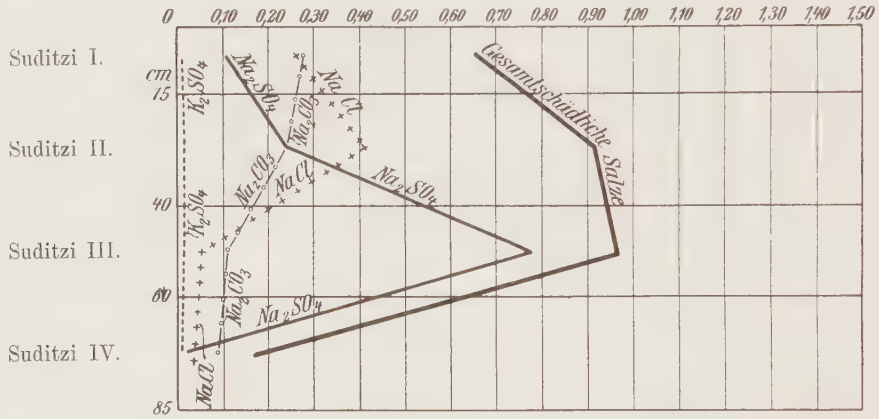
Die Salzböden von Suditzi, D. Buzeu.

Das Gut Suditzi liegt 30 km südlich von der Stadt Buzĕu im zentralen Teil des Steppengebietes des Bărăgan. Ca. 8 km vom Gute entfernt befindet sich die Regenmesserstation von Pogoanele, die in 4 Jahren mit den Hauptregen im Juni und Juli von 268 –698 mm, im Durchschnitt 471 mm Regenhöhe zeigte. Das Terrain ist leicht gewellt; Wälder kommen vereinzelt vor; die Tumuli sind hier selten. Das Gebiet wird vom Călmătzui, einem früheren Arm des Buzĕu durchflossen, dessen breites Bett tiefer als die sonstige Ebene liegt. Gegenwärtig entspringt der Călmătzui einer starken Quelle im Gebiete der Ebene selbst. Es ist dies eine sehr seltene Erscheinung, und sie wird dem weiter nördlich im Hügellande stattfindenden Verschwinden eines Zuflusses des Buzĕu im Boden zugeschrieben, wenn auch der direkte Beweis hierfür noch nicht erbracht wurde. Der Călmătzui führt in seinem oberen Laufe stets Wasser, das jedoch allmählich im Boden versickert und sein unterer Lauf ist, gleich dem der meisten aus dem Hügellande in die Steppe abfliessenden Gewässer, während des grössten Teils des Jahres trocken. Eine im November 1909 in Suditzi ausgeführte Chlortitration des Wassers ergab 0,0060 % Cl bei geringem Wasserstand. Ein ca. 300 m vom Bache entfernter Brunnen auf der Hochebene zeigte 0,0289 % Chlor.

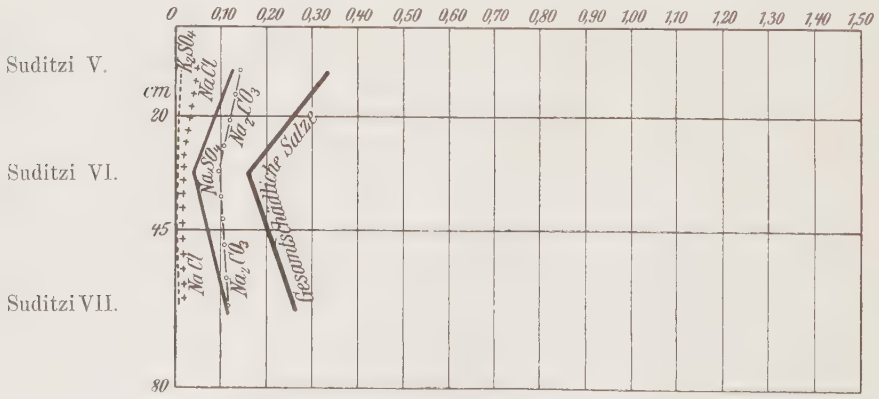
Die Salzländereien sind in der Umgebung von Suditzi und an dem ganzen Laufe des Călmătzui sehr verbreitet. Sie finden sich nicht nur im ganzen breiten Überschwemmungsgebiet dieses Gewässers, sondern auch auf dem Hochlande bis auf mehrere Kilometer Entfernung vom Wasser, wo eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen erscheint. Ihr Auftreten muss also hier von der mangelnden Auslaugung abhängen. Die im Überschwemmungsgebiet auftretenden Salzböden (in Suditzi allein 400 ha) zeigen spärlichen Graswuchs, der eine geringe Viehweide ergibt, es treten hier die Salzauswitterungen nur stellenweise in den kahlen Flecken auf. Auf dem Hochlande zeigen sich Salzauswitterungen bei dem äusserst fruchtbaren Weizenboden ohne irgendwelchen Nachteil für die Vegetation.

Dort, wo das Terrain aber irgend eine Senkung bildet, so dass sich die Abwässer der umliegenden Äcker ansammeln, ohne einen Abfluss zu finden, da zeigen sich die Salzauswitterungen in verstärktem Mafse und der Boden wird unfruchtbar.

V. Diagramm des Salzgehaltes der Böden von Suditzi I—IV.
(Überschwemmungsgebiet des Călmătzui.) In Prozenten des Bodens.



VI. Diagramm des Salzgehaltes der Böden von Suditzi V—VII.
(Hochebene.) In Prozenten des Bodens.



Bei der Probeentnahme am 20. Oktober 1909 wurden 2 Profile von unfruchtbaren Böden ausgehoben: 1. Nr. I—IV im Überschwemmungsgebiet des Călmătzui und 2. Nr. V—VII in einer kleinen Senkung der Hochebene, in der sich die Regenwasser sammelten. Im Tale der Călmătzui bildet die erste Schicht Nr. I von 0—15 cm ein stark humushaltiger, tiefschwarzer Boden von mooriger Beschaffenheit. Der Gehalt an Karbonaten war äusserst gering: 0,1 %, darauf folgte Nr. II von 15—40 cm, eine dunkelbraune, zähe tonige Schicht mit 6,9 % Karbonaten, nach welcher Nr. III (40—60 cm)

ein feinkörniger und zäher Lössmergel mit 15,1 % Karbonaten von gelblich grauer Färbung kam, der als Übergang zu der Schicht IV, hellgelber Löss, diente, dessen Karbonatgehalt 9,3 % betrug. Eine Bildung von Kalkkonkretionen liess sich in keiner Schicht feststellen. Die ganze Wasserundurchlässigkeit von Nr. II zeigte sich darin, dass, während Nr. I von den Schmelzwassern des in der Woche vorher gefallenen Schnees so nass war, dass ca. 1 m seitwärts vom Bohrloch das Wasser darauf stand, von Nr. II hingegen nur der obere Teil feucht war, während sich der Boden der Schicht Nr. III, also in 40 cm Tiefe, als staubtrocken erwies. Dabei war seit ca. 10 Tagen kein Frost gewesen und auch vorher nur zu gering, um ein tiefes Gefrieren des Bodens herbeizuführen. Der Boden war kümmerlich 1—1 ½ cm hoch mit Grammineen bewachsen, deren Art nicht bestimmt werden konnte.

Der Ort der zweiten Probeentnahme ist ca. 4 km entfernt auf dem Hochland gelegen. Das Terrain weist hier eine geringe schenkelförmige Vertiefung von etwa 30 pog. Fläche auf, in der sich Binnenwasser ansammelt. Die Seiten der Rinnen sind von 3 Seiten sanft geneigt und bilden keinen Abhang. Der Niveauunterschied gegenüber den umliegenden Äckern beträgt am Grunde etwa 3—6 m, die Vertiefung besitzt keinen Abfluss und in den tiefsten Stellen stagnierte das Wasser. Die Stelle der Probeentnahme lag am östlichen Abhang; sie war trocken, doch fand sich in 80 cm Tiefe Grundwasser vor, was ca. nur einigen Zentimetern unterhalb des Niveaus der Senkungsmitte entsprach. Der Boden zeigte drei Schichten: V bis VII; die oberste, Nr. V, war durch Humus gefärbt, 20 cm stark und brauste mit HCl schwach auf; die Bestimmung der Karbonate ergab 3%, die zweite Schicht, Nr. VI, 20—45 cm, war graugelb mit 17,7% Karbonaten; die letzte Schicht, Nr. VII, 45—80 cm, war hellgelber Lössmergel mit 23,8% Karbonaten. Alle drei Schichten waren zur Zeit der Probeentnahme gleichmässig nass, die oberste etwas weniger. Die Flora des Bodens war sehr schütter und zeigte kahle Flecken. An Pflanzen konnten erkannt werden Andropogon, Taraxacum palustre, Crypsis aculeata, Plantago lanceolata. Im nassen Teil fanden sich einige Carexarten, sowie Phalaris arundinacea und Equisetum vor. Es wäre noch zu erwähnen, dass trotz des hohen Karbonatgehalts sich Kalkkonkretionen in keinem der 7 Böden von Suditzi fanden.

Die zur chemischen Analyse mit kaltem, destilliertem Wasser hergestellten Bodenauszüge setzten sich bei Nr. I, II, V nicht ab.[1]) Die filtrierte Lösung zeigte sich bei Nr. I und Nr. V durch gelösten Humus braunschwarz gefärbt und war wegen winziger, sechsfaches Filterpapier passierenden Tonpartikeln schon in 0,5 –1 cm dicker Schicht undurchsichtig.

[1]) Es musste daher der gesamte flüssige Brei aufs Filter geschüttet werden, worauf die erst trübe ablaufende Flüssigkeit sich bald klärte, da das Filter durch Tonteile abgedichtet wurde; der erste Teil wurde darauf neu aufgegossen und so konnten ca. 60—70% des Auszugs gewonnen werden. Der auf dem Filter verbleibende Rest war gallertartig (kolloidal).

Die Lösung von Nr. II war klar und rotbraun gefärbt. Nr. III und VI ergaben eine hellgelbe Lösung. Der Auszug von Nr. IV und VII war farblos. Beim Boden Nr. V gingen alle Humusstoffe in Lösung, so dass der auf dem Filter verbliebene Rest fast weiss erschien, während die Lösung tiefschwarz war.

Tabelle XI.

Chemische Untersuchung der Salzböden von Suditzi (D. Buzĕu).

Böden I—IV.
(Überschwemmungsgebiet des Călmătzui.)

Bezeichnung	Nr. I	Nr. II	Nr. III	Nr. IV
Tiefe	0—15	15—40	40—60	60—85
Gehalt an	%	%	%	%
Feinerde	99	100	100	100
Feuchtigkeit	5,8200	6,1500	4,9800	4,1000
Karbonate	0,1300	6,9000	15,1000	9,3000
Kalter Wasserauszug.				
Farbe	schwarz	dunkelbraun	gelb	farblos
Gesamtlösliche Substanz	1,7896	1,7208	1,5460	0,2952
Glühverlust (org. Substanz + chem. geb. H_2O)	0,8850	0,5234	0,2140	0,0760
Cl	0,1560	0,2500	0,3500	0,2600
SO_3	0,0701	0,1494	0,4419	0,0260
CO_2	0,1117	0,1029	0,0466	0,0387
SiO_2	0,0946	0,0453	0,0029	0,0031
$AlFeO_3$	0,0180	0,0109	—	—
CaO	0,0516	0,0135	0,0118	0,0033
MgO	0,0251	0,0047	0,0033	0,0099
K_2O	0,0087	0,0105	0,0099	0,0055
Na_2O	0,3711	0,6169	0,4595	0,1056
Verbindungen.				
NaCl	0,2572	0,4121	0,0577	0,0421
Na_2CO_3	0,2692	0,2480	0,1123	0,0933
Na_2SO_4	0,1116	0,2487	0,7691	0,0371
K_2SO_4	0,0160	0,0194	0,0181	0,0102
$MgSO_4$	0,0749	0,0140	0,0195	0,0155
$CaSO_4$	0,1252	0,0327	0,0286	0,0080
Fluoramoniumschmelze des Gesamtbodens.				
K_2O	1,3526	1,5700	3,1884	1,0628
Na_2O	9,9062	7,0260	15,0339	9,0771

Die Analysen der Böden sind in Tabelle XI—XIII enthalten und ausserdem durch die Diagramme Nr. V und VI veranschaulicht. Gegenüber

den Böden von Stăvăresci haben die Salzböden von Suditzi einen viel geringeren, fast minimalen Salzgehalt. Ebenso haben sie, wie die Schlämmanalysen in Tabelle XIII zeigen, keineswegs eine so schwere, feinkörnige Zusammensetzung wie die Böden von Stăvăresci. Sie zeigen jedoch noch schlechtere physikalische Beschaffenheit als erstere und sind für die Kultur wenig geeignet, was auf das Vorkommen der Soda in diesen Böden zurückzuführen ist, die bei den Böden von Stăvăresci fehlt. Die Entstehung dieses Salzes wird bei der Bildung der Salzböden besprochen werden.

Tabelle XII.

Chemische Untersuchung der Salzböden von Suditzi (D. Buzĕu).

Böden V—VII. (Hochebene.)			
Bezeichnung	Nr. V	Nr. VI	Nr. VII
Tiefe	0—20	20—45	45—80
Gehalt an	%	%	%
Feinerde	100	100	100
Feuchtigkeit	4,8700	5,9000	3,3100
Karbonate	3,2000	22,2000	23,9000
Kalter Wasserauszug.			
Farbe	schwarzbraun	gelb	farblos
Gesamtlösliche Substanz	0,5304	0,2544	0,2576
Glühverlust (org. Subst. + chem. geb. H_2O)	0,3800	0,0193	0,0150
Cl	0,0271	0,0040	0,0060
SO_3	0,0736	0,0235	0,0698
CO_2	0,0616	0,0413	0,0466
SiO_2	0,0201	0,0150	0,0095
$AlFeO_3$	0,0185	0,0100	0,0060
CaO	0,0210	0,0130	0,0085
MgO	0,0150	0,0059	0,0038
K_2O	0,0058	0,0043	0,0087
Na_2O	0,2572	0,1197	0,1226
Verbindungen.			
NaCl	0,0445	0,0065	0,0098
Na_2CO_3	0,1484	0,0996	0,1123
Na_2SO_4	0,1304	0,0416	0,1238
K_2SO_4	0,0107	0,0079	0,0161
$MgSO_4$	0,0448	0,0176	0,0113
$CaSO_4$	0,0509	0,0286	0,0206
Fluoramoniumschmelze des Gesamtbodens.			
K_2O	2,1014	1,4493	1,4976
Na_2O	8,9243	4,3203	4,1458

Tabelle XIII.

Mechanische Analyse der Salzböden von Suditzi Buzĕu.

Bezeichnug:	Tiefe	Schönsche Schlämmanalyse. Feinstes	Staub	Sand			Grobsand
		Korngrösse Durchmesser					
		bis 0,01	0,01 bis 0,05	0,05 bis 0,1	0,1 bis 0,2	0,2 bis 1	über 1 mm
	cm	%	%	%	%	%	%
Suditzi I: (Überschwemmungsgebiet des Călmătzui) Oberkrume	0—15	50,24	31,31	12,53	4,11	1,80	0,34
Suditzi II: I. Mittelschicht	15—40	55,87	26,34	10,93	3,61	2,22	0,71
Suditzi III: II. Mittelschicht.	40—60	43,72	35,26	15,40	3,71	2,05	0,71
Suditzi IV: Untergrund	60—85	41,14	35,78	18,22	2,96	1,67	0,96
Suditzi V: (Hochebene) Oberkrume	20	39,67	41,22	12,79	6,31	0,80	—
Suditzi VI: Mittelschicht	20—60	44,87	32,95	14,43	6,85	1,34	—
Suditzi VII: Untergrund	60—85	41,88	40,26	12,14	5,07	0,80	—

Einige Salzböden der oberen Moldau.

Der nordöstliche Teil der Moldau gehört zum Steppengebiet und wird von dem Pruthflusse nach Osten abgegrenzt. Längs des Ufers dieses Flusses zieht sich eine Reihe von Hügeln hin, die das Pruthbett von dem parallel fliessenden Jijia abtrennen. Dieser ist ein Zufluss des Pruths, der die ganzen Gewässer dieses Gebietes sammelt, und dessen Tal stellenweise nach den Niveauaufnahmen um 20 m tiefer gelegen ist als das nur einige Kilometer entfernte Pruthbett jenseits der Hügel. Der Lauf der Jijia wird stellenweise von Sümpfen begleitet; ihr Wasser ist gering im Sommer und sehr salzhaltig (s. Tabelle III, S. 18), und sowohl an ihren Ufern, als auch in dem Gebiet ihrer Zuflüsse finden sich häufig Alkaliböden vor. Auf zwei Grossgütern, Codreni (Darabani) im D. Dorohoi und der ca. 150 km südlich gelegenen Staatsdomäne von Sipote, D. Jassy, hatte ich Gelegenheit, die Salzböden zu beobachten Aus Codreni konnte ich leider keine Bodenproben zur Analyse erhalten, sondern nur aus Sipote; ausserdem wurden mir von der Staatsdomäne Cotnari, an dem grössten Zufluss der Jijia, dem

Bahlui, Bodenproben zur Analyse zugesandt.[1]) Letztere Orte liegen etwa 40 km in der Luftlinie von einander entfernt und beide haben Regenmessstationen. Nach Prager gehören beide zu dem feuchteren Feldgebiet, denn die Station von Căminăresti-Sipote hat 510 mm Niederschläge und Cotnari hat 516 mm. Nach Murgoci gehört Căminăresti zum Steppengebiet, der Boden ist hier schokoladenbrauner Tschernozem, während Cotnari mit 492 mm Niederschlägen an der Grenze der Steppe liegt und zum Gebiete der Eichenwaldböden gehört.

Die Salzböden von Cotnari, D. Jassy.

In Cotnari treten die Salzbildungen auf einem Wiesengrund im Tale eines kleinen Gewässers auf. Sie bilden Flecken von unregelmässiger Gestalt, deren Gesamtfläche etwa 60—80 pogon beträgt. Der Boden trägt hier nur eine spärliche Vegetation, die mit kahlen Stellen abwechselt. Die Oberkrume zeigt fast dieselbe graue Färbung wie der Untergrund und war reicher (10,9 %) an Karbonaten als dieser (8,3 %). Hingegen war der Salzgehalt im Untergrunde grösser als in der Oberkrume (s. Tabelle XIV). Die Schönsche Schlämmanalyse ergab, dass der Untergrund um 15 % reicher an feinsten Teilen als die Oberkrume war (Tabelle XVI). Obwohl beide nicht zu den schweren Bodenarten zu rechnen sind, zeigten sie durch den Gehalt an Soda eine stark plastische Beschaffenheit, grosse Wasserkapazität, (41 % und 41,5 %) Krustenbildung, Zusammenziehung der Oberfläche, kurz alle Merkmale der Tonböden, und wurden beim Trocknen sehr hart. Wenn der Boden bei einem bestimmten Wassergehalt zerkleinert wurde, so zerfiel er und nahm Krümelstruktur an, doch war die Wahrnehmung dieses günstigen Zeitpunktes nicht leicht, denn 24 Stunden früher verschmierte sich der Boden und 24 Stunden später war er schon so hart, dass er nur mit dem Hammer zerschlagen werden konnte. In der Praxis ist daher beim Pflügen von Salzböden grosse Sorgfalt in der Auswahl der Bestellungszeit, sowie schnelle Arbeit notwendig, doch kann die Neutralisation der Soda hier die Sache wesentlich günstiger gestalten. Der Wasserauszug war sowohl bei der Oberkrume als beim Untergrund gelblich gefärbt und es setzten sich nach 24 Stunden ca. 25 % der Flüssigkeit klar ab.

(Siehe die Tabelle XIV auf S. 56.)

Die Salzböden von Sipote.

In Sipote treten die Salzböden im Tale am stärksten auf, wo der Boden stellenweise die charakteristische pockennarbige Beschaffenheit der extremen Salzböden aufweist und das Auskristallisieren der Salze im Sommer am stärksten vorkommt. Das hier fliessende Wässerchen hat meist nur eine sumpfige Rinne, an deren Rand die Salze zuerst im Sommer und

[1]) Für die Beschreibung der Salzböden von Cotnari muss ich mich auf die Auskunft des Direktors der Staatlichen Wein- und Obstbaumschule von Cotnari berufen. Herrn G. Silvian.

Tabelle XIV.

Chemische Untersuchung zweier Salzböden der Moldau.

I. Salzboden von Cotnari (Jassy).

Bezeichnung	Oberkrume	Untergrund
Tiefe	0—30 cm	40—70 cm
Gehalt in	%	%
Feinerde	99,5	100
Feuchtigkeit	3,10	3,40
Karbonate	10,9	8,3
Kalter Wasserauszug:		
Farbe der Lösung	hellgelb	dunkelgelb
Gesamttrockensubstanz	0,7864	2,0736
Glühverlust	—	—
Chlor (Cl)	0,0060	0,0360
Schwefelsäure (SO_3)	0,3276	0,2583
Kohlensäure (CO_2)	0,0440	0,0480
Kieselsäure (SiO_2)	0,0336	0,0050
Eisen-Tonerde ($AlFeO_3$)	0,0171	Spur
Kalziumoxyd (CaO)	0,0114	0,0075
Magnesiumoxyd (MgO)	0,0050	0,0030
Kaliumoxyd (K_2O)	0,0062	0,0102
Natriumoxyd (Na_2O)	0,3217	0,4292
Verbindungen:		
Natriumchlorid ($NaCl$)	0,0264	0,0593
Natriumkarbonat (Na_2CO_3)	0,1060	0,1166
Natriumsulphat (Na_2SO_4)	0,5720	0,4428
Kaliumsulphat (K_2SO_4)	0,0115	0,0188
Magnesiumsulphat ($MgSO_4$)	0,0123	0,0068
Kalziumsulphat ($CaSO_4$)	0,0261	0,0191
Fluorammoniumschmelze des Gesamtbodens:		
K_2O	1,6425	2,3671
Na_2O	6,4587	7,2442

Herbst erscheinen. Der nasse Boden ist tiefschwarz, doch wird er beim Trocknen heller und ist dann dem schokoladenbraunen Czernozem, der auf den Hügeln vorkommt, sehr ähnlich. Auf diesen Hügeln finden sich ebenfalls salzhaltige Flecken, die sich dadurch im Acker bemerkbar machen, dass hier die Saat sehr leicht auswintert. Von einer ausgesäten Grassamenmischung gingen an diesen Stellen nur Plantago media und P. lanceolata, Onobrychis sativa, Medicago sativa, Anthyllis vulneraria, Bromus inermis auf, während Phleum pratense, Dactylis glomerata, Poa, Avena elatior, Lolium perenne eingingen. Ebenso misslang der Versuch, Weidenstecklinge in der sumpfigen Niederung anzupflanzen: sie verdorrten alle

und wurden schwarz. Von der natürlichen Flora findet sich auf den Hügeln sehr häufig Salsola Kali und Salsola Soda; sie wachsen jedoch nicht auf den Salzböden selbst, sondern nur in deren Umgebung.[1])

Bei der Analyse setzte sich auch hier der Bodenauszug nicht ab und selbst nach 6 Wochen dauernden Stehenlassens konnte keine klare Flüssigkeit auf diesem Wege erhalten werden. Die nach dem Abdichten des Filters durch den Schlamm abfiltrierte Flüssigkeit war aber klar und nur durch organische Substanzen leicht braungelb gefärbt.

Tabelle XV.

Chemische Untersuchung zweier Salzböden der Moldau.

II. Salzboden von Sipote (Jassy).		
Bezeichnung	Oberkrume	Untergrund
Tiefe	0—30 cm	40—70 cm
Gehalt in	%	%
Feinerde	100	100
Feuchtigkeit	—	—
Karbonate	0,2	0,8
Kalter Wasserauszug:		
Farbe der Lösung	braungelb	gelb
Gesamttrockensubstanz	0,5720	0,8460
Glühverlust	—	—
Cl	0,0400	0,0250
SO_3	0,0953	0,3166
CO_2	0,0880	0,0660
SiO_2	0,0215	0,0177
$AlFeO_3$	0,0080	0,0166
CaO	0,0180	0,0293
MgO	0,0146	0,0305
K_2O	0,0138	0,0070
Na_2O	0,2048	0,3872
Verbindungen:		
NaCl	0,0659	0,0412
Na_2CO_3	0,2120	0,1590
Na_2SO_4	0,1488	0,7203
K_2SO_4	0,0252	0,0130
$MgSO_4$	0,0326	0,0173
$CaSO_4$	0,0394	0,0640
Fluorammoniumschmelze des Gesamtbodens:		
K_2O	2,5121	2,3188
Na_2O	8,2261	10,0808

Der höchste Salzgehalt war in der Oberkrume enthalten und hiervon sind die Soda und das Kochsalz als pflanzenschädliche Teile zu betrachten.

[1]) S. S. 36. Die Vegetation der Salzböden.

Tabelle XVI.

Mechanische Analyse zweier moldauischer Salzböden.

I. Cotnari.

Bezeichnung:	Tiefe	Schönsche Schlämmanalyse: Feinstes (bis 0,01)	Staub (0,01 bis 0,05)	Sand (0,05 bis 0,1)	Sand (0,1 bis 0,2)	Sand (0,2 bis 1,0)	Grobsand (über 1)
		Korngrösse (Durchmesser in mm)					
	cm	%	%	%	%	%	%
Wiese mit Salzflecken.							
Oberkrume	0—30	31,70	40,30	15,71	8,60	2,83	0,65
Untergrund	40—70	45,00	31,27	15,13	5,45	2,73	0,42

II. Sipote.

Tal Căldarele (Sumpfige Weide)

Oberkrume	0—35	50,97	34,33	9,70	4,07	2.13	0,40
Untergrund	35—75	71,03	18,53	6,20	2,50	0,70	—

Die Schlämmanalyse zeigte, dass der Boden von Sipote, zumal der Untergrund, sehr viel feinste Teile unter 0,05 mm besitzt und in dieser Hinsicht den Böden von Stăvăresci am nächsten steht.

Die Salzböden von Codreni, D. Dorohoi.

Dieses Gut gehört ebenfalls zu dem Steppengebiet; der Boden ist hier typische Schwarzerde mit 8 % Humus. Es hat eine meteorologische Station IV. Ordnung, die erst in den letzten Jahren errichtet wurde.

Die Salzböden treten hier auf der Hochebene in einem vollkommen flachen Terrain von ca. 50 ha auf, auf dem die Ernten sehr unsicher sind. Hier war 1906 Luzerne gesät, deren Bestand im ersten Jahre befriedigend war, im zweiten Jahre jedoch in grossen Flecken einging; an den kahlen Stellen zeigten sich Salze; auch sonst war der Wuchs sehr kümmerlich. Die Erklärung würde darin liegen, dass durch das tiefe Pflügen die Salze von der Oberfläche in den Untergrund gebracht wurden, wodurch das Aufgehen und die dichte Entwickelung der Luzerne im ersten Jahre möglich war. Da die Pflanzen den Boden beschatteten, verzögerten sie die Verdunstung und damit den Aufstieg der Salze. — Der Aufstieg der Salze muss im Frühjahr des zweiten Jahres beendet worden sein, und die an der Oberfläche sich konzentrierenden Salze riefen die übliche fatale Wirkung hervor. Der Boden dieses Feldes zeigte eine dunkelgraue Färbung und an einigen Stellen waren die Spuren ausgetrockneter Wasserlachen zu sehen, wo im Frühjahr das Wasser sich sammelt. In Codreni beobachtet man das Ausblühen von Salzen noch an einem Abhange. Hier bildet der

Salzboden einen horizontal verlaufenden Strich von geringer Ausdehnung. Der sumpfige Charakter dieses Terrains, sowie seine tonige Beschaffenheit, lassen vermuten, dass hier die das Untergrundwasser abschliessende Tonschicht zutage tritt und die Salze aus dem verdunsteten Untergrundwasser stammen.

Dieselbe Erscheinung lässt sich auf einem weiteren Gute der Moldau, Prisăcani im D. Vaslui beobachten, wo die Salzböden ebenfalls an einem Abhange vorkommen und von geringen Quellen begleitet sind.

Die von diesem Gute mir zugesandten zwei Bodenproben konnte ich zur Analyse nicht verwenden, da bei ihrer Entnahme das Bodenprofil und die Bodenschichten nicht berücksichtigt worden sind und Proben aus dem Untergrunde fehlten.

Aus demselben Grunde konnten Proben von Salzböden aus dem Donaudelta nicht zur Untersuchung verwendet werden.

Die Entstehung der Salzböden.

Literatur.

Während die Salzseen der Steppe und ihre Entstehung schon mehrfach die rumänische Gelehrtenwelt beschäftigt haben und verschiedene Hypothesen über ihre Entstehung aufgestellt und erörtert wurden, blieben die Salzböden unbeachtet oder wurden höchstens als eine an den Ufern der Seen vorkommende Nebenerscheinung miterwähnt. Die Praxis hat sich in letzteren Jahren vereinzelt mit der Urbarmachung dieser Böden beschäftigt; doch waren die Resultate negativ.[1])

Mrazek hat bei seiner Hypothese über die Entstehung der Salzseen auch die Salzböden besprochen, die er auf Grund der Analyse eines Bodens aus Mehedintzi als die Überreste früherer Salzseen zu erklären versucht, doch soll er nach privaten Mitteilungen diese Hypothese nicht mehr aufrecht erhalten. Murgoci spricht in seiner Studie des zonalen Bodens des Bărăgan auch die Vermutung aus, dass die rumänischen Salzböden ähnliche Steppenbildungen seien wie die ungarischen und russischen, führt aber keine Beweise zur Unterstützung dieser Vermutung an.[2])

Es standen mir also bei meinen Untersuchungen auf diesem Gebiet nur die von mir in den Laboratorien der Landwirtschaftlichen Hochschulen zu Berlin und des Landwirtschaftlichen Institutes der Universität Halle ausgeführten Analysen der oben beschriebenen Böden zur Verfügung, sowie die Ergebnisse der Untersuchungen ausländischer Salzböden.

Bei den Untersuchungen der Steppengewässer konnte ich zeigen, dass diese reicher an Salzen sind als die sonstigen Gewässer der Ebene; auch

[1]) Siehe Murgoci, Raport asupra lucrărilor Sectiuni agrogeologice 1906—1907, pag. 16. Bukarest 1908.

[2]) Das Agrogeologische Institut unter Murgocis Leitung hat zwar neben vielen anderen Bodenproben auch einige von Salzböden gesammelt, das Studium derselben, zumal die Analysen, mussten jedoch wegen anderer dringenderen Arbeiten bis jetzt unterbleiben.

ergab sich betreffs der Entstehung der Salzseen, dass in der rumänischen Steppe die Auslaugung des Bodens eine ungenügende ist, dass sie aber in den regenreichen Jahren doch erfolgen kann. Für die Bildung der Salzböden sind noch als weitere Punkte in Betracht zu ziehen:

1. Die Verwitterung in der Steppe,
2. Entstehung der Salze in der Steppe,
3. Bildung und Anhäufung der Zeolithe.

Die Verwitterung in der Steppe.

Entsprechend den Unterschieden der klimatischen Faktoren zeigt die Verwitterung in den Steppen einen wesentlich anderen Verlauf als in den gemässigten humiden Klimaten.

Die Erforschung des Verwitterungsprozesses in den Steppengebieten ist erst in den letzten Jahrzehnten erfolgt.

Auf Hilgards grundlegenden Untersuchungen der amerikanischen Steppenböden folgte die Erforschung des Steppengebiets Südrusslands, dessen Böden mit denen aus der rumänischen Steppe grosse Ähnlichkeit haben, wie denn auch die rumänische Steppe als eine Verlängerung der südrussischen Steppenregion aufgefasst werden kann. Die für die Bildung der Steppenböden charakteristischen Merkmale sind folgende:

1. Vorwiegen der kohlensauren Verwitterung. In den Steppenböden kann bei der geringen Feuchtigkeit nur eine Verwesung der Pflanzenreste eintreten; das hauptsächlichste Produkt ist hierbei CO_2 und Humus. Die bei der Verwitterung frei werdenden Basen bilden Karbonate, daher sind die Steppenböden meist reicher an Karbonaten (kohlensaurem Kalk) als die Böden der humiden Region.

2. Tiefere Verwitterung. Die Mächtigkeit der lebenden durch Humus gefärbten Oberkrume ist in den Steppenböden viel grösser als bei den Böden der humiden Region.

3. Stärkere Verwitterung, entsprechend den extremen Temperaturwechseln des kontinentalen Klimas.[1])

4. Mangel der Auslaugung, hervorgerufen durch den Regenmangel dieser Gebiete, sowie durch ihr arides Klima. Die hierdurch verursachte Anhäufung der Salze im Boden ruft wiederum 3 weitere für die Steppe charakteristische Erscheinungen hervor.

5. Mangel der Tonbildung, daher zeigen die Steppenböden trotz ihrer starken Verwitterung mehr den Charakter feiner Staub- und Sandböden, während die stark verwitterten Böden der humiden Region durch ihren Tongehalt sich auszeichnen.

6. Starke Zeolitbildung und

7. Anhäufung der Pflanzennährstoffe, denen die grosse, scheinbar unerschöpfliche Fruchtbarkeit der Steppenböden zu verdanken ist.

[1]) Noch stärker ist freilich die Verwitterung vieler Tropenböden, wo hohe Temperaturschwankungen durch eine üppige Vegetation unterstützt werden.

Entstehung der Salze in der Steppe.

Der Verlauf der Salzbildung ist folgender:

Die im Boden verwesende Pflanzensubstanz erzeugt freie Kohlensäure, die durch lange Einwirkung die Silikate, Glimmer, Feldspate, Gips und sonstige leicht verwitternde Mineralkörner des Bodens aufschliesst. Es bilden sich hierbei kolloidale Silikate, kolloidale Tonerde, und die Basen der Alkalien und Erdalkalien werden frei. Diese verbinden sich zu Salzen mit den Säureanhydriten CO_2, SO_3, Cl, die teils aus den Mineralien des Bodens, teils aus vom Regenwasser aus dem Meer mitgeführten Salzen, teils aus dem Aschengehalt der verwesten Pflanzen stammen.

Für die Menge der gebildeten Salze ist die Zusammensetzung des ursprünglichen Muttergesteins von Bedeutung; dieses lässt sich bei den mehrfach umgelagerten Steppenböden nicht mehr feststellen. In der Steppe finden sich jedoch zwei durch den Wind sortierte Bodenarten vor: Sand und Löss. Von diesen ist der Löss der Salzreichere; da er das feinere, stärker zerriebene Material enthält, so müssen in ihm die weicheren oder leichter verwitternden Minerale wie Feldspate, Glimmer und Gips in der Mehrzahl vertreten sein, während im Sand vornehmlich der salzarme, harte Quarz zurückbleibt; dazu kommt noch die leichtere Auslaugung der Salze im Sandboden. Das Regenwasser führt nicht unbedeutende Mengen an Cl und SO_3 mit sich, wie aus den Untersuchungen desselben von Angus Smith, Passerini und anderen Forschern hervorgeht.[1]) Die Schwefelsäure stammt aus der Luft und ihre Bildung wird auf Rauch oder verwesende Pflanzenstoffe zurückgeführt. Das Chlor stammt vermutlich aus verdunstetem Meereswasser, denn die Regen der Küste sind daran reicher als die des Binnenlandes. Passerini fand in Antignano bei Livorno bei Südwestwind vom 26.—30. Oktober 1890 im Mittel 116,77 mg Cl pro Liter Regenwasser. In Florenz, 75 km von der Küste fand derselbe dagegen 0,168—24,117 mg Cl, im jährlichen Mittel 5,02 mg.

Viel grössere Bedeutung für die Salzbildung hat die Vegetation, denn die Pflanzenwurzeln vermögen Minerale aufzuschliessen; in dem Aschengehalt der abgestorbenen Pflanzen werden grosse Mengen an löslichen Salzen dem Boden zugeführt und die verwesende Pflanzensubstanz fördert die Aufschliessung der Bodenminerale.

Bildung und Anhäufung der Zeolithe.

Der wichtigste Vorgang bei der Verwitterung des Bodens ist der sog. Kaolinisierungsprozess, d. h. die Umwandlung der Feldspate in Tonerde. Es werden hierbei neben Ton auch Karbonate und Silikate der Alkalien gebildet. Kommen diese mit Karbonaten, resp. Silikaten des Ca und Mg in Berührung, so bilden sich Doppelsilikate, die in kolloidalem Zustande Alkalien festhalten können.

---

[1]) Wollny, Forschungen 1894, Bd. XVII, S. 377.

In einem früheren Kapitel wurde angeführt, dass zumal im Steppengebiet in der Bodenlösung verschiedene Salze der Alkalien gelöst sind, die mit der Bodenfeuchtigkeit auf- und abwandern.

Die Salze der Bodenlösung erfahren bei ihrer Wanderung im Boden mehrfache Umsetzungen. Dieses konnte PUCHNER[1]) nachweisen, indem er Salzlösungen von bekanntem Gehalt in einer Bodensäule aufsteigen liess und dann die einzelnen Abschnitte derselben auf ihren Gehalt an löslichen Salzen untersuchte. Es zeigte sich hierbei, dass die Bodenteile sowohl Basen als Säuren der aufsteigenden Lösungen festhalten (absorbieren) können. Diese Absorption der Bodenteilchen erfolgt teils in der Weise, dass aus einer im Boden vorhandenen Verbindung eine Base austritt, vornehmlich Ca oder Mg und durch eine andere Na oder K ersetzt wird, teils so, dass kolloidale oder humose Stoffe des Bodens Basen aus der Lösung aufnehmen, die sie als Doppelverbindungen oder mechanisch festhalten und nur an gewisse Lösungsmittel wieder abgeben.

LEMBERG hat zuerst gezeigt, dass ein wasserhaltiges Silikat nicht nur durch kohlensäurehaltiges Wasser das Kali verlieren kann, sondern dass es auch später aus einer kalihaltigen Lösung den Verlust nahezu vollständig ersetzen kann.[2])

Die Absorption ist also ein Austausch von Salzen zwischen Lösung und Bodenteilen, der mit verschiedener Schnelligkeit vor sich gehen kann, bis der Boden gesättigt ist. Die Böden der ariden Gebiete sind meist in absorbtiv gesättigtem, die der humiden in mehr oder minder ungesättigtem Zustand.[3]) Es werden hierbei aus der Bodenlösung vornehmlich die Alkalien, und zwar meist das Kali, aber auch das Natron absorbtiv gebunden und die Erdalkalien ausgeschieden. Die Kraft,[4]) mit der diese Alkalien in den Verbindungen festgehalten werden, ist sehr gross, denn aus dem kolloidalen Silikat, das bei der Verwitterung des Ortoklas entsteht, kann durch konzentrierte HCl fast gar kein (nur 0.82 %) Kali gelöst werden;[5]) dasselbe soll nach BERTHELOT mit den von kolloidalen organischen Substanzen des Bodens absorbierten Metallen der Fall sein, denn der Humus ist neben den wasserhaltigen Silikaten der wichtigste Träger der Absorptionskraft im Boden.[6])

Es kann hierdurch eine Anreicherung eines Bodens an Alkalien stattfinden, wenn er Zuflüsse an alkalihaltigem Wasser aus der Umgebung erhält.

PUCHNER[7]) hat bei seinen Elementaranalysen der einzelnen Korngrössen bayrischer Böden vereinzelt auch eine Zunahme an Alkalien in den

[1]) WOLLNY, Forschungen 1897, Bd. XX, S. 1.
[2]) RAMANN, Bodenkunde, 3. Aufl., Berlin 1910, S. 56 u. f.
[3]) Ibid. S. 57—58.
[4]) Ibid. S. 59.
[5]) Ibid. S. 25 und 67.
[6]) Comptes rendus. Par. Académia 1905, pag. 433, 748, 1182.
[7]) Landw. Versuchs-Stat. 1908, Bd. 66, S. 493.

stärker verwitterten Korngrössen festgestellt (Landwirtschaftliche Versuchs-Stationen Bd. 66).

Busch (Halle) fand in einem Basaltverwitterungstalboden einen Gesamtgehalt von 6,5 % Na_2O und in den einzelnen feinen Korngrössen bis 16 % Na_2O. Die Elementaranalysen oder die Analyse des salzsauren Auszuges ungarischer[1]) und russischer[2]) Salzböden haben (wie zu erwarten war) gezeigt, dass diese Böden an alkalihaltigen Silikaten sehr reich sind. Nicht nur Kali, sondern auch Natron findet sich oft in mehreren Prozenten darin vor.[3])

Da diese Silikate eine konstante Quelle zur Bildung neuer Salzmengen im Boden darstellen, die bei der Melioration berücksichtigt werden muss, so ist bei der Untersuchung der angeführten rumänischen Salzböden auch die Bestimmung der Alkalien im Fluoramoniumauszug durchgeführt worden, deren Resultate in den Tabellen enthalten sind. Es zeigte sich, dass die betreffenden Böden alle einen sehr hohen Gehalt an kieselsaurem Natron und auch Kali aufwiesen, der bei den einzelnen Bodenschichten nicht immer mit dem grösseren oder geringeren Gehalt an löslichen Salzen konform war; die weniger löslichen Silikate waren am Orte ihrer Entstehung verblieben, während die löslichen Salze wandern.

Bildung der Salzböden.

Bei der Besprechung der Geologie der rumänischen Steppe wurde ausgeführt, dass dieses sonst ebene Gebiet Vertiefungen aufweist, die verschiedenen Ursprungs sind und in denen sich die von den höher gelegenen Teilen abfliessenden Binnenwasser sammeln. Diese Senkungen haben meist einen sumpfigen Boden, zum Teil enthalten sie Wasserlachen, Teiche oder kleine Gewässer, die im Sommer austrocknen, im Frühjahr aber ein ausgedehntes Überschwemmungsgebiet besitzen. Andere Vertiefungen sind wieder so gering, dass man ihr Vorhandensein nur daran bemerkt, dass sich die bei Regen aus der Umgebung abfliessenden Wasser darin sammeln.

Die grössere Feuchtigkeit lässt in diesen Senkungen eine üppigere Vegetation entstehen, und die Bodenaufnahmen haben gezeigt, dass im Durchschnitt ihr Boden reicher an Humus ist als die umliegenden Bodenarten.[4]) Eine Torfbildung kann jedoch nicht stattfinden, da in dem ariden Klima der Steppe die meisten Lachen und Sümpfe alljährlich austrocknen und zwischen den Pflanzenresten noch durch die Winde Staub abgelagert wird. Bei grösserer Feuchtigkeit ohne Luftabschluss verkohlen aber die Pflanzenreste nicht, sondern faulen. Hierbei bilden sich organische Säuren,

[1]) P. Treiz, Földtani Közlöny, Budapest 1908, Bd. XXXVIII, S. 121, Tab. V.

[2]) Kossowitsch, Journal für Experim. Landw., St. Petersburg 1903, S. 43.

[3]) Nur ein Teil dieser Alkalien ist jedoch als Zeolith vorhanden, ein anderer Teil kann nur durch Schmelzen mit Fluorammonium gewonnen werden. Busch fand, dass im oben erwähnten Basaltboden eine Anreicherung an Natronkalkfeldspat stattgefunden hatte.

[4]) S. S. 13 und Bulletin des Geologischen Instituts zu Buk. 1908, S. 18.

die eine energischere Zersetzung der Mineralkörner herbeiführen. Demgemäss entstehen in den Mulden viel stärker verwitterte, feinkörnigere oder schwerere Bodenarten als auf den Höhen. Die Bündigkeit dieser Böden wird noch durch die Tonteilchen vermehrt, die durch das Regenwasser von den umliegenden Höhen zusammen geschwemmt werden.

Wenn die angesammelten Sumpfwasser einen Abfluss finden, führen sie die gebildeten Karbonate mit sich, und in den Mulden bilden sich dann äusserst bündige Böden, die 30—80% tonige Teile enthalten und arm an Karbonaten sind. Besitzen die Senkungen aber keinen Abfluss, so wird ihr Boden von einem sehr feinkörnigen und karbonatreichen Lössmergel gebildet, der relativ arm an tonigen Teilen ist und durch Humus mehr oder minder gefärbt erscheint. Die Anhäufung der Salze in den Senkungen kann entstehen:

1. wegen mangelnder Auslaugung, verursacht durch den bündigen Charakter des Bodens, der das Regenwasser nur sehr langsam aufnimmt, so dass ein grosser Teil darauf in Pfützen stagniert und verdunstet.

Infolge der grossen Wasserkapazität, die sowohl die tonigen, als auch die feinkörnigen Bodenarten besitzen, kann von dem in den Boden eingedrungenen Wasser nur ein geringer Teil in den Untergrund abfliessen.

2. Durch Zufluss von salzhaltigen Gewässern, die auf dem betreffenden Boden verdunsten und ihre Salze darauf zurücklassen. Die Missachtung der Frage, ob die zur Bewässerung dienenden Wasser salzhaltig sind oder nicht, hat in Amerika sehr grosse Verluste herbeigeführt. Durch exakte Parzellenversuche hat Wohltmann[1]) nachgewiesen, dass bei der Bewässerung von Wiesen ein Kochsalzgehalt von 0.05—0.10% im Rieselwasser schon beträchtlich schädigend wirkt, wenn die gegebenen Mengen einer täglichen Regenhöhe von nur 3—4 mm entsprechen. Steigen aber die Wassergaben oder der Salzgehalt bis auf 0.5 – 1%, so kann hierdurch eine Wiese auf längere Zeit in ihrer Produktivität gestört werden. Wenn nicht starke Regen die Salze wieder auswaschen, kann sogar durch das Zusammentreffen mit einer Folge von mehreren trocknen Jahren der Untergang des Pflanzenwuchses der Wiese herbeigeführt werden.[2])

3. Ebenso kann ein flacher Stand des Grundwassers eine Ansammlung der Salze an der Bodenoberfläche hervorrufen, denn das Untergrundwasser der Steppe ist bekanntlich salzreich und die verdunsteten Wassermengen werden durch kapillaren Aufstieg aus dem Untergrund ersetzt und führen immer neue Salze der Oberkrume zu. Die Anhäufung der Salze wird hierbei noch dadurch gefördert, dass in den schweren und

[1]) Mitteilungen der Landwirtschaftlichen Akademie zu Bonn-Poppelsdorf, Nr. 1, 1895. Die Einwirkung salzhaltiger Wasser auf die Kulturpflanzen von F. Wohltmann.

[2]) Bei der starken Verdunstung und Trockenheit, die in der rumänischen Steppe vorherrscht, ist daher vor Einführung der Bewässerung die Untersuchung des Salzgehaltes der betreffenden Gewässer dringend zu raten. Siehe auch Tab. III, S. 18.

feinkörnigen Böden der kapillare Aufstieg zwar langsamer erfolgt als im Sande, dafür aber eine viel grössere Höhe erreicht.[1])

Die Abarten der Salzböden.

Neutrale Salzböden. Die in den Bodensenkungen der Steppe sich ansammelnden löslichen Salze bestehen ursprünglich aus Humaten, Sulfaten und Chloriden der Alkalien und Erdalkalien. Ist im Untergrunde dieser Senkungen kein kohlensaurer Kalk vorhanden, sind die Zuflüsse oder der Boden sehr reich an Gips, so bilden sich schwere Tonböden, die mit neutralen Salzen durchtränkt sind. Im Sommer treten auf diesen Böden weisse Salzauswitterungen zutage, die vornehmlich aus Glaubersalz Na_2SO_4, Kochsalz NaCl und Gips $CaSO_4$ bestehen, ausserdem findet man auch in manchen noch $CaCl_2$, $MgCl_2$ und $MgSO_4$ in grösseren oder geringeren Mengen vor. Diese neutralen Salzböden werden in Amerika wegen der charakteristischen Salzauswitterung White Alkali Lands benannt, in Ungarn heissen sie nach ihrer Entstehung Wiesentonböden, und der ungarische Geologe P. Treiz bezeichnet sie als das erste Stadium in der Entstehung der Salz- und Sodaböden.[2])

Diese Böden können äusserst fruchtbar sein und finden sich auch auf der Hochebene in grosser Ausdehnung vor, wo Terrains von einigen Quadratkilometern Ausdehnung nur einige Zentimeter tiefer liegen als die sie umgebende Ebene. Die etwas grössere Feuchtigkeit trägt nur zur Sicherung der Ernten bei,[3]) der geringe Salzgehalt kann den Pflanzen nicht schaden. Solche Böden finden sich sehr häufig im Bărăgan, z. B. nördlich des Călmătzui von Suditzi bis zur Stadt Buzĕu.

Die Sodaböden. Von den neutralen oder weissen Alkaliböden unterscheiden sich wesentlich die sogenannten schwarzen Alkaliböden darin, dass auf ihnen meist keine Ansammlung der Salze in der obersten Bodenschicht stattfindet und die Salze nicht sichtbar sind, weil diese Böden durch den Gehalt an Soda Na_2CO_3 äusserst undurchlässig werden. Deshalb sammelt sich auf ihnen das Wasser in Lachen an, die schwarzbraun gefärbt sind, da die Soda den Humus des Bodens löslich macht (schwarzes Alkali).

Die Bildung der Soda im Boden. Wenn der Untergrund der Vertiefungen karbonathaltig ist, so tritt eine Umsetzung der Salze ein. Nach

[1]) Hilgard fand, dass die kapillare Hebung des Wassers die folgende war: Im Sande stieg das Wasser in der ersten Stunde 8 Zoll, erreichte aber nach $6^1/_2$ Tagen die Grenze mit $16^1/_2$ Zoll (41 cm); im Löss- und Ton-(Adobe) Boden stieg das Wasser in der ersten Stunde $2^1/_2$ und 2 Zoll, erreichte aber in 225 resp. 195 Tagen eine Höhe von 50 Zoll (125 cm) und 47 Zoll (117 cm).

[2]) Die weitere Ausführung Treiz': „Die Analyse der löslichen Salze dieser Wiesen tonböden liefert den ersten Beweis, dass diese Salze nichts anderes sind als die Aschenbestandteile der verwesenden Pflanzensubstanz" ist zu einseitig und wird von der angeführten Bodenanalyse widerlegt. Földtani Közlöny Bd. XXXVIII, 1908, S. 114—117.

[3]) Hilgard berichtet, dass im Staate Montana die Salzböden auch die Luftfeuchtigkeit anziehen, so dass morgens der Tau auf den Salzflecken so stark ist, als ob es strichweise geregnet hätte.

dem Austrocknen der Lachen bleiben die Salze als eine Kruste zurück, dei zahlreiche Risse beim Austrocknen bekommt. Der Regen löst diese Salze auf und spült sie in den Untergrund; der Sonnenschein und die Verdunstung heben sie wieder an die Oberfläche. Hierbei erfahren sie eine Umwandlung. Die im Boden verwesende oder in Gärung befindliche organische Substanz erzeugt CO_2, die von der Bodenfeuchtigkeit absorbiert wird. Das kohlensäurehaltige Wasser löst $CaCO_3$ als doppeltkohlensauren Kalk auf. Nach dem chemischen Gesetz der Bildung schwerlöslicher Verbindungen setzt sich dieser mit dem in Lösung befindlichen Glaubersalz oder Kochsalz zu Soda und Gips oder Soda und Kalziumchlorid um nach den Gleichungen:[1])

$$2\,NaSO_4 + Ca(CO_3H)_2 = Na_2CO_3 + CaSO_4 + CO_2 + H_2O.$$

$$2\,NaCl + Ca(CO_3H)_2 = Na_2CO_3 + CaCl_2 + CO_2 + H_2O.$$

Von den gebildeten Salzen bleibt Soda und Kalziumchlorid in Lösung und steigen an die Oberfläche; der Gips setzt sich als schwerlöslich in den Bodenporen des Untergrundes in feinen Kristallen ab.

Bestehen die Ufer der salzhaltigen Gewässer, Sümpfe oder Seen aus Löss, so findet darin ebenfalls die Sodabildung statt. Das braune Sumpfwasser enthält neben Alkalisulfat noch grosse Mengen von Alkalihumaten. nebst freier Kohlensäure. Beim Eindringen in den Löss des Ufers löst das Wasser doppeltkohlensauren Kalk auf. Dieser setzt sich mit den humussauren Alkalien zu humussaurem Kalk und Soda um; durch Bakterien wird der humussaure Kalk später wieder zu kohlensaurem Kalk und CO_2 zerlegt. Auch bei diesem Prozess bildet neben dem Vorhandensein von Karbonaten das Vorkommen freier Kohlensäure im Boden den Hauptfaktor der Umsetzung. Die Menge der vorhandenen CO_2 ist aber im Boden eine sehr verschiedene; sie ist in den tieferen Schichten grösser als in der Oberkrume, wo sie bei der Durchlüftung des Bodens verloren gehen kann.

In den oberen Bodenschichten entsteht CO_2 durch Oxydation der organischen Reste (Verwesung), im Untergrund tragen Gärungsprozesse zu ihrer Bildung bei. Entsprechend den grösseren CO_2-Mengen wird die Soda hauptsächlich im Untergrunde gebildet.

Rückbildung der Soda. Die Bildung von Soda und Gips aus Glaubersalz und $CaCO_3$ ist ein sog. chemisch reversibler Prozess; es kann also aus Soda und Gips durch Rückbildung wieder $CaCO_3$ und Na_2SO_4 entstehen, sobald keine freie CO_2 mehr vorhanden und der Gips in Lösung ist. Beide Prozesse können im Boden vorkommen. Im Sommer, wo die Menge der gebildeten CO_2 sehr gross ist, überwiegt die Sodabildung. Durch das Aufsteigen der Feuchtigkeit bei der Verdunstung findet ausserdem eine Trennung statt, die Soda steigt an die Oberfläche, wo sie ausblüht; der Gips bleibt im Untergrund abgelagert. Werden im Herbst und

[1]) Im Laboratorium kann die Bildung der Soda künstlich erzeugt werden, wenn man Kreidestaub und Glaubersalz in Wasser auflöst und Kohlensäure durchleitet; als Nachweis der Soda zeigt sich eine stark alkalische Reaktion.

Winter die Salze in den Untergrund geschwemmt, so wird die Soda beim Passieren der Zone, in welcher der Gips im Frühjahr sich abgeschieden hatte, wieder zu Glaubersalz und kohlensauren Kalk zersetzt, der statt des Gipses ausfällt. Deshalb können sodahaltige Böden im Frühjahr arm an Soda und reich an Glaubersalz sein, während sich im Herbst darin viel Soda und wenig Sulfate finden. Auf den stark gipshaltigen Böden kann eine Sodabildung nur vorübergehend beim Austrocknen des Bodens stattfinden, wenn die Lösung so konzentriert ist, dass der Gips schon in tieferen Schichten auskristallisiert. Die Sodabildung bleibt hier unbedeutend, aber sie tritt in aridem Klima ein. Man hat daher die früher aufgestellte Klassifikation der Salzböden in sodahaltige und sodafreie aufgeben müssen.[1])

Gipsablagerungen der Meeresküste.

Bei der Geologie der Dobrutscha (S. 14) haben wir erwähnt, dass nördlich von Constantza unterhalb des Lösses Streifen rötlichen oder gelben Tones vorkommen, in denen schön ausgebildete Gipskristalle zu finden sind. Treiz erklärt ihre Entstehung in folgender Weise: „Das am Kamme der Wellen schäumende Wasser wird vom Winde über das Land getragen, wo es niederregnet. Die Pflanzen bedecken sich in der Nähe des Meeres nach jedem Sturme mit einer Salzkruste. Der Regen schwemmt das Salzgemenge in den Untergrund, wo es sich mit dem kohlensauren Kalk des Lösses zu Gips umsetzt, welcher über der undurchlässigen Schicht auskristallisiert.“

Ich hatte selber Gelegenheit, im Jahre 1906 die Küste des Schwarzen Meeres zu besuchen und diese Gipsformation zu studieren. In Constantza fand ich unterhalb der Kaserne des 32. Infanterieregiments im Uferabhang die schönsten Kristalle in 2 übereinanderliegenden Schichten, die parallel zu dem Meeresspiegel, nicht zu der Oberfläche des Bodens verliefen. Die Tiefe, in der die Schichten liegen, beträgt 10—12 m von dem oberen Kamm des Ufers und ca. 20—50 cm oberhalb des Meeresspiegels. Die Hypothese Treizs entbehrt der chemischen Grundlage, denn im Meereswasser findet sich kein Glaubersalz oder Kalisulfat, das bei der Umsetzung mit Kalkkarbonat Gips ergeben könnte. Die Gipskristalle können eher aus verdunstetem Meereswasser stammen, in dem Gips enthalten ist (s. S. 5). Zwischen den Dünen des Deltas und des Küstengebietes kommen noch Salzböden vor, deren Salzgehalt grösstenteils aus dem nahen Meere stammt, wenigstens lässt ihr Vorkommen in den Dünentälern, sowie das Auftreten von Salzpflanzen auf den Dünen selbst darauf schliessen, denn das Material dieser Dünen besteht aus Meeressand. Ob Ablagerungen irgendwelcher Art im Untergrund dieser Salzböden vorhanden sind, ist noch nicht festgestellt. Die Salzböden auf dem Löss befinden sich auch in der

[1]) Professor Hilgard betont in einem Brief an Professor Kossowitsch in Petersburg ausdrücklich, dass jeder Salzboden sich allmählich in Sodaboden umwandelt. Russ. Journal für experimentelle Landwirtschaft. St. Petersburg 1904, S. 369.

Dobrutscha meist in den Tälern der Steppengewässer und Steppenseen und ähneln in ihrer Entstehung denen der Walachei.

Klassifikation der Salzböden.

Da das Studium der Salzböden noch nicht als abgeschlossen gilt, ist bis jetzt auch keine umfassende Klassifikation derselben aufgestellt worden; es kann also auch noch keine endgültige Klassifikation der rumänischen Salzböden hier gegeben werden.

Hilgard unterscheidet nach dem Ursprung zwei grosse Klassen:

1. Alkaliböden, die in den Steppengebieten durch die Verwitterung und mangelnde Auslaugung dieser Gebiete entstehen.

2. Marine- oder eigentliche Salzböden, Küstenböden, die durch Überflutung mit Meereswasser salzhaltig geworden sind und Meeressalze enthalten; durch Steppenklima können sie verändert werden, so dass sie den Charakter der Alkaliböden aufweisen. Die meisten rumänischen Salzböden gehören zu der ersten Klasse der Alkaliböden des Steppengebiets, nur im Küstengebiet finden sich einige Böden, die marinen Ursprungs sind, ausserdem wären hierher vielleicht einige der Salzböden der Hügelregion aus der Nähe der Salzbergwerke zu rechnen, deren Salze aus den miocenischen Steinsalzlagern stammen.

Kossowitsch scheidet die Salzböden in zwei Klassen:

1. in primäre, deren Salze aus alkalienhaltigen Mineralien des Bodens an Ort und Stelle durch Verwitterung entstanden sind,
2. sekundäre, deren Salze nicht im Boden gebildet, sondern ihm erst nachträglich (meist durch das Wasser) zugeführt wurden.

Als Unterklassen werden in beiden Klassen nach der Verwitterung trockene und nasse Alkaliböden abgegrenzt, letztere sind stark sodahaltig, erstere nicht. Solange keine grössere Anzahl von rumänischen Böden untersucht ist, ist hier ein Urteil, ob die rumänischen Böden mehr zur ersten oder zur zweiten Klasse gehören, nicht abzugeben, was ja auch müssig wäre, da diese Klassifikation noch nicht allgemein anerkannt ist.

Die Urbarmachung der Salzböden.

Das Studium der Salzländereien in Amerika hat nicht nur rein wissenschaftliche Zwecke verfolgt; es hat vielmehr das praktische Ziel der Urbarmachung dieser Böden in erster Reihe im Auge gehabt; denselben Zweck haben auch die meisten Studien der Salzböden in den anderen Ländern verfolgt und ihm gilt auch der II. Teil dieser Arbeit.

Die angestellten Keimungs- und Vegetationsversuche können nur als Vorarbeiten auf diesem Gebiete gelten, die erzielten Resultate müssen durch praktische Feldversuche in ihren Ergebnissen nachgeprüft und ergänzt werden. Im wesentlichen sollen sie mehr zur Bestätigung der Ähnlichkeit der rumänischen Salzböden mit den Alkaliböden anderer Steppengebiete dienen, um so einen Fingerzeig für die Art der anzuwendenden Meliorationen zu ergeben.

Die Mannigfaltigkeit in der Lage, in der Entstehungsart und Zusammensetzung der Salze bei den Alkaliböden lässt die Mittel zur Besserung äusserst zahlreich und von wechselnder Wirkungskraft sein, auch hier gilt es erst Wägen, dann Wagen.

Hierbei sind zu betrachten:

1. die Wirkung der Bodensalze auf die Vegetation und Mittel zur Verbesserung;
2. die Mängel der Salzböden betreffs der physikalischen Beschaffenheit und ihre Behebung;
3. Meliorationssysteme des Auslandes, welche sich auch in Rumänien zur Einführung empfehlen.

I. Keimungsversuche.

Die ersten Vegetationsversuche wurden im Sommer 1909 im Garten des pedologischen Laboratoriums der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin mit der gütigen Erlaubnis des Vorstehers Herrn Geh. Reg.-Rat Professor Dr. ORTH angestellt; sie bezogen sich auf den Einfluss, den die Salze der verschiedenen Böden aus Stăvăresci und Sipote auf die Keimung und erste Entwickelung der Gerste hatten, wie auch den Einfluss der Entlaugung des Bodens auf diese Vorgänge. Als Vegetationsgefässe dienten Blumentöpfe, die mit je 500 g Boden gefüllt wurden, da eine grössere Bodenmenge nicht zur Verfügung stand.

Der entlaugte Boden bestand aus den Rückständen des zur Analyse mit kaltem Wasser ausgezogenen Bodens. Der lufttrockene gepulverte Boden enthielt noch 25—33% Feuchtigkeit mit den darin gelösten Salzen. Durch Subtraktion der gewonnenen Auszugsmenge von der zur Extraktion verwandten Menge Wassers konnte die Menge der noch im Boden zurückgebliebenen Salze ermittelt werden. Diese betrugen 25—35% und sind aus der Tabelle XVII ersichtlich.

Um der durch die Entlaugung verursachten Verarmung des Bodens entgegenzutreten, wurde allen Töpfen eine Normaldüngung gegeben und zwar wurde angenommen, dass 1 ha in 25 cm Schicht 3000000 kg wiegt. Jeder Topf erhielt:

0,020 g	40%iges Kalisalz	oder	120	kg	pro Hektar.
0,040 „	Chilisalpeter	„	240	„ „	„
0,050 „	Superphosphat	„	300	„ „	„

Die Düngemittel wurden einzeln abgewogen und dem trocknen Boden in seiner oberen Schicht bis 4 cm Tiefe beigemengt.

Die Aussaat erfolgte am 23. Juli und es wurden pro Topf je 20 Körner Chevaliergerste ausgesät. Das Gewicht von 100 Körnern betrug 5,08 g. Die Prüfung der Keimfähigkeit hatte 98—99 % Keime ergeben. Die Körner wurden in 2 cm Tiefe untergebracht. Die Töpfe standen unter einem Bretterdach, doch schützte dieses nur in ungenügender Weise gegen das Regenwasser, das auch von den Seiten freien Zutritt hatte; eine genaue

Tabelle XVII.

Salzgehalt der bei den Keimungsversuchen verwendeten Böden.

Wasserlösliche Salze	Serie I: Stăvăresci IIa		Stăvăresci IIb		Stăvăresci IIc	
	Unausgelaugt	Ausgelaugt	Unausgelaugt	Ausgelaugt	Unausgelaugt	Ausgelaugt
Soda Na_2CO_3	—	—	—	—	—	—
Kochsalz NaCl	0,3560	0,0890	0,8822	0,2941	0,7785	0,1946
Glaubersalz Na_2SO_4. . .	0,6250	0,1562	1,3304	0,4435	1,4652	0,3638
Kaliumsulfat K_2SO_4 . .	0,0219	0,0055	0,0242	0,0081	0,0363	0,0091
Magnesiumsulfat $MgSO_4$.	0,0164	0,0041	0,5036	0,1679	0,4069	0,1017
Gips $CaSO_4$	0,0245	0,0061	0,2750	0,0927	0,6426	0,1606

Wasserlösliche Salze	Serie I: Stăvăresci IIIa		Stăvăresci IIIb		Stăvăresci IIIc	
	Unausgelaugt	Ausgelaugt	Unausgelaugt	Ausgelaugt	Unausgelaugt	Ausgelaugt
Soda Na_2CO_3	—	—	—	—	—	—
Kochsalz NaCl	0,2178	0,0726	0,7782	0,2594	0,8713	0,2904
Glaubersalz Na_2SO_4. . .	1,6845	0,5615	3,8552	1,2851	3,2192	1,0731
Kaliumsulfat K_2SO_4 . .	0,0237	0,0079	0,0273	0,0091	0,0360	0,0120
Magnesiumsulfat $MgSO_4$.	0,1551	0,0517	1,2065	0,4022	1,2121	0,4040
Gips $CaSO_4$	0,5543	0,1848	0,6000	0,2000	0,6116	0,2039

Wasserlösliche Salze	Serie I: Sipote Oberkrume		Serie II: Cotnari Oberkrume		Cotnari Untergrund	
	Unausgelaugt	Ausgelaugt	Unausgelaugt	Ausgelaugt	Unausgelaugt	Ausgelaugt
Soda Na_2CO_3	0,2120	0,0530	0,1060	0,0353	0,1166	0,0389
Kochsalz NaCl	0,0659	0,0165	0,0264	0,0088	0,0593	0,0198
Glaubersalz Na_2SO_4. . .	0,1488	0,0372	0,5720	0,1907	0,4428	0,1476
Kaliumsulfat K_2SO_4 . .	0,0252	0,0063	0,0115	0,0038	0,0188	0,0063
Magnesiumsulfat $MgSO_4$.	0,0326	0,0082	0,0123	0,0041	0,0068	0,0023
Gips $CaSO_4$	—	—	—	—	—	—

Wasserlösliche Salze	Serie III: Stăvăresci IIIa		Serie IV: Stăvăresci IVa		IVb	IVc
	Unausgelaugt	Ausgelaugt	Unausgelaugt	Ausgelaugt	Unausgelaugt	Unausgelaugt
Soda Na_2CO_3	—	—	—	—	—	—
Kochsalz NaCl	0,1551	0,0310	0,0730	0,0182	0,1004	0,3714
Glaubersalz Na_2SO_4. . .	0,9271	0,1854	0,9393	0,2348	1,9354	2,1387
Kaliumsulfat K_2SO_4 . .	0,0236	0,0057	0,0367	0,0092	0,0507	0,0489
Magnesiumsulfat $MgSO_4$.	0,1274	0,0255	0,1833	0,0458	0,5198	0,4971
Gips $CaSO_4$	0,6272	0,1254	0,4223	0,1056	0,7233	0,6117

Kontrolle des Wasserverbrauches war daher undurchführbar, und es wurde nur alle 2 Tage nach Bedürfnis gegossen. Um das Auslaugen oder Ansammeln der Salze in den oberen Schichten des Bodens zu verhindern, wurde das Wasserquantum sowohl durch Überbrausen als durch Nachfüllen der Untersätze gegeben. Es zeigte sich jedoch, dass die Bodensalze teilweise durch die porösen Tonwände der Gefässe drangen und an der Aussenseite auskristallisierten. Beim Begiessen wurden sie dann tunlichst in den Untersatz abgeschlämmt, um wieder dem Boden zugeführt zu werden.

Als Vergleich dienten zwei Töpfe mit Boden Nr. I von Stăvăresci (Schwarzerde aus dem oberen Teil des Tales), welcher nur geringe Salzmengen enthielt.

Die Keimung begann nach sechs Tagen; die erschienenen Triebe wurden täglich notiert. Die Resultate sind in Tabelle XVIII zusammengestellt. Am 17. August, also nach 25 Tagen war die Keimung beendet. Es wurden Aufnahmen von den verschiedenen Töpfen gemacht und die Länge der Triebe gemessen. Leider war die Fortführung der Versuche nicht mehr möglich.

Die Ergebnisse waren folgende: Wenn auch die Versuche mit den Kontrolltöpfen Schwankungen untereinander aufweisen, so war das Ergebnis doch ein ziemlich einheitliches und zeigte die zu erwartenden Resultate. Bei den rohen Böden war die Keimung fast ganz unterblieben, während sie bei den entlaugten Böden durchweg eingetreten war. Nur bei den Böden mit geringerem Salzgehalt Nr. IIa, IIIa und Sipote war eine Keimung der Samen auch in dem rohen Boden eingetreten, doch war später der Wuchs der Pflanzen stark hinter dem normalen zurück, was am besten aus der am 25. Tage gemessenen Stengellänge und den photographischen Aufnahmen (Fig. 1 u. 2) hervorgeht. Am deutlichsten trat die Schädlichkeit der Salze beim Boden aus Sipote (s. Fig. 1) zutage, wo zwar alle Körner keimten, die Pflanzen sich aber äusserst dünn und verkümmert entwickelten, eine braungelbe Farbe hatten und schon alle nach 12 Tagen eingingen. Es zeigte sich hier in auffallender Weise die schlimme Wirkung der Soda, denn die anderen Böden besitzen einen zehnfach höheren Gesamtsalzgehalt, ohne in so schädlicher Weise zu wirken, wie die geringe Sodamenge von 0,2120 es in diesem Falle getan hatte.

Eine Verzögerung der Keimung ist ersichtlich, wenn wir die vom Salz freien Böden Ia mit den anderen vergleichen; hier war die Keimung schon vom Anfang an sehr kräftig und in 3 Tagen (8 Tage nach der Aussaat) beendet, während sie bei den anderen entsprechend länger andauerte. Was die Entwickelung der Pflanzen anbetrifft, so zeigten die auf Salzböden gewachsenen eine etwas dunklere Färbung der Blätter und ein sehr langsames Wachstum entsprechend der vorhandenen Salzmenge. Doch ist hervorzuheben, dass die Pflanzen auf den entlaugten Böden sonst nicht kränkelnd aussahen und gelbe Spitzen der Blätter nur vereinzelt vorkamen.

Tabelle XVIII.

Keimungsversuche mit Salzböden.

Serie I.

Alle Töpfe erhielten je 0,020 g 40 %iges Kalisalz = 120 kg pro Hektar
0,040 „ Chilisalpeter = 240 „ „ „
0,050 „ Superphosphat = 300 „ „ „

Art des Bodens:			Es waren aufgegangen von der ausgelegten Gerste in Summa in Prozenten nach Tagen										Mittlere Stengellänge cm
			6	7	8	9	10	12	14	17	20	25	
Stăvăresci. Boden Ia.													
	Roh	1	25	80	80	80	80	100	—	—	—	—	5,5
		2	30	90	100	100	100	100	—	—	—	—	5,4
Stăvăresci. Boden IIa.													
Oberkrume 0—15 cm	Roh	3	—	—	—	15	25	70	70	75	85	90	4,8
		4	—	—	—	—	5	30	55	90	90	95	4,2
	Ausgelaugt	5	—	5	15	55	80	100	100	100	100	100	6.0
		6	—	—	5	5	10	20	35	45	60	80	3,6
Stăvăresci. Boden IIb.													
Mittelschicht 15—50 cm	Roh	7	—	—	—	—				—	15	55	1.0
		8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ausgelaugt	9	—	—	—	—	—	20	40	40	65	65	4.5
		10	—	15	30	50	80	85	100	100	100	100	6,0
Stăvăresci. Boden IIc.													
Untergrund 50—80 cm	Roh	11	—	—	—	—	—	—	—	—	10	15	2,1
		12	—	—	—	—	—	—	—	—	5	15	1,6
	Ausgelaugt	13	—	—	—	—	5	20	25	50	65	75	4,2
		14	—	—	—	10	20	30	30	45	75	100	4,3
Stăvăresci. Boden IIIa.													
Oberkrume bis 15 cm	Roh	15	—	—	—	—	50	80	80	80	90	100	4,4
		16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ausgelaugt	17	—	15	45	45	50	50	50	70	70	70	5,7
		18	—	15	25	25	30	30	30	30	40	45	5,6
Stăvăresci. Boden IIIb.													
Mittelkrume 15—50 cm	Roh	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		20	—	—	—	—	—	—	—	—	5	10	1,3
	Ausgelaugt	21	—	—	—	—	5	20	25	35	60	75	3,1
		22	—	—	25	30	30	70	85	85	95	95	2,8
Stăvăresci. Boden IIIc.													
Untergrund 50—80 cm	Roh	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	2,4
		24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ausgelaugt	25	—	5	20	30	30	40	45	50	80	100	3,6
		26	—	—	—	—	—	—	—	5	25	30	3,7
Sipote (Moldau).													
Oberkrume 30 cm	Roh	27	—	—	—	—	25	45	55	60	†††	—	1,8
		28	—	—	15	30	45	80	80	80	†††	—	1,7
	Ausgelaugt	29	—	15	75	95	100	100	100	100	100	100	5,6
		30	30	70	95	95	95	95	95	95	100	—	6,1

††† alle Pflanzen verdorrt.

II. Weitere Keimungsversuche.

Weitere Keimungsversuche wurden im Laboratorium des Landw. Instituts zu Halle a. S. mit entlaugtem und rohem Boden aus der Oberkrume und dem Untergrunde des Bodens von Cotnari gemacht. Der entlaugte Boden enthielt $^1/_3$ des gesamten Salzgehaltes. Als Gefässe dienten Blumenuntersätze, die bis ca. $^1/_2$ cm vom Rande mit dem durch ein 2 mm-Sieb gefallenen Feinboden angefüllt wurden. Der Wassergehalt wurde auf ca. 60 % der Bodenkapazität erhalten. Zur Verminderung der Verdunstung wurden die Gefässe mit Glasscheiben bedeckt, direktem Licht aber nicht ausgesetzt.

Als Versuchssamen wurde Goldthorpegerste, Sommerweizen und Szekler Mais verwandt. Um zu prüfen, inwiefern die schlechte physikalische Beschaffenheit (Zuschlämmbarkeit, Luftabschluss, Krustenbildung) der Salzböden neben der chemischen Wirkung an der Verzögerung oder Schädigung der Keimung beteiligt ist, wurde in der einen Hälfte des Gefässes das Saatgut auf 1 cm Tiefe untergebracht, in der anderen Hälfte nur so weit eingedrückt, dass die eine Hälfte der Samenkörner freiblieb. Es wurden pro Teller je 100 Körner Gerste, resp. Weizen oder 50 Körner Mais in Reihen ausgesetzt. Am zweiten Tage zeigten sich die kleinen Spitzen der Radicula bei der freiliegenden Gerste, und zwar sowohl bei dem entlaugten als bei dem unveränderten Boden.

Die Keimung wurde als erfolgt angenommen, wenn der Keim ca. $^1/_2$ cm Länge hatte, resp. bei den tief untergebrachten Samen, sobald der Keim über dem Boden erschien. Die Keime wurden alle 24 Stunden gezählt und zur besseren Kontrolle gleich abgeschnitten. Der Verlauf der Keimung ist aus Tabelle XIX ersichtlich.

Die als Vergleich mit angegebenen Keimungsversuche in Sand wurden erst einige Tage später angesetzt, da die hierbei erzielten Pflanzen für die Vegetationsversuche gebraucht wurden; doch ist die Zeitdifferenz unwesentlich, da in dem geschlossenen Raume des Laboratoriums die Temperaturschwankungen ziemlich gleich blieben.

Zusammenfassend zeigt es sich, dass die Salzböden hauptsächlich durch die chemische Wirkung die Keimung beeinflussen, indem sie dieselbe verzögern und bei grösseren Mengen vollkommen zum Stillstand bringen. Es zeigte sich dies am deutlichsten bei der nicht untergebrachten Gerste vom unentlaugten Untergrund. Die Keimung war hier eingeleitet worden, denn schon am zweiten Tage war die Gerste gespitzt, das heisst das Würzelchen wurde sichtbar und trat $^1/_2$ mm am Ende des Kornes hervor; dann wurde aber jede weitere Entwickelung unterbrochen und die Gerste blieb unverändert in demselben Entwickelungsstadium. Ein gleiches zeigte sich beim Sommerweizen. Beim Mais konnte auch eine direkte Schädigung festgestellt werden; schon gekeimte Körner gingen, nachdem der Keim die Schale des Kornes gesprengt und $^1/_2$—2 cm Länge erreicht hatte, plötzlich ein.

Tabelle XIX.

Keimungsversuche mit Salzböden.

Serie II.

			Es waren gekeimt in Tagen Prozente der ausgelegten Samen:																			
			Gerste								Sommerweizen								Szeckler Mais							
			3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9	10
Cotnari Oberkrume	roh	Samen halb frei	—	12	24	36	54	72	80	80	10	10	14	24	34	42	46	60	—	8	24	68	88	—	98	98
		Samen in 1.0 cm Tiefe	—	2	18	50	72	86	90	90	—	2	4	18	38	52	62	72	—	—	2	28	60	68	76	80
	entlaugt	Samen flach angedrückt	54	78	82	92	96	98		98	16	22	40	—	44	48	52	62	—	24	36	52	88	92	—	92
		Samen in 1.0 cm Tiefe	—	52	66	80	86	—	—	86	—	—	20	46	64	76	78	78	4	24	44	48	72	88	96	96
Cotnari Untergrund	roh	Samen flach angedrückt	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	4	—	8	12	24	28	32	36	40
		Samen in 1,0 cm Tiefe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	4	4
	entlaugt	Samen flach angedrückt	62	98	—	—	—	—	—	98	34	56	62	64	84	86	—	86	—	52	64	88	100	—	—	100
		Samen in 1,0 cm Tiefe	10	92	94	—	100	—	—	100	2	26	48	72	74	76	—	76	—	28	40	72	80	—	84	84
Sand	roh	Samen flach angedrückt	68	86	100	—	—	—	—	100	72	98	—	—	—	—	—	98	64	76	92	94	—	—	—	91

Der Keim oder die Wurzel dieser Körner zeigte an den Berührungsstellen mit dem Boden ein oder mehrere scharf abgegrenzte braune Stellen, an denen bald Fäulnis eintrat. Irgend eine Gleichmässigkeit in der Gestalt dieser Flecken liess sich nicht feststellen, ebenso unter der Lupe keine Sporen- oder Mycelbildung; das Gewebe war nur braun und abgestorben, anscheinend durch die ätzende Wirkung der Soda. Bei den Wurzeln bildete diese Stelle einen schmalen Ring dicht an der Stelle, wo sie in den Boden eindrangen. Bei den Keimen fanden sich die Flecken an der den Boden berührenden Seite, doch ist hervorzuheben, dass nicht der ganze die Erde berührende Teil verletzt war, ebenso wie der in der Erde steckende Teil der Wurzel gesund blieb. Dies lässt sich jedoch durch die Salzwanderung im Boden erklären. Bei dem grossen Wassergehalt von 60% der Kapazität befanden sich die Salze anscheinend in zu grosser Verdünnung, um die Wurzeln direkt anzugreifen. Die Samen konnten also keimen, und zwar hoben die Keime die bedeckende Glasplatte meist 1—2 cm empor, so dass hierdurch eine stärkere Verdunstung eintreten konnte und sich die Salze an der Oberfläche konzentrierten und auskristallisierten. Unebenheiten der Fläche führten eine verschiedene Verdunstung und Konzentration herbei, die stellenweise so gross war, dass sie an den damit in Berührung kommenden Pflanzenteilen eine Verletzung der Gewebe hervorrief.

Der geringere Salzgehalt des Bodens aus der Oberkrume von Cotnari konnte die Keimung nur verzögern, nicht unterdrücken.

III. Vegetationsversuche.

Im Frühjahr des Jahres 1910 wurden auf Anregung von H Gernerheimrat Wohltmann systematische Gefässkulturen im Versuchsgarten des Landwirtschaftlichen Instituts zu Halle a. S. unter Leitung von Herrn Professor P. Holdefleiss vorgenommen. Hierzu hatte ich 200 kg Salzboden aus Stăvăresci Nr. III a kommen lassen. Die Ausführung der Versuche konnte leider nicht zur günstigsten Zeit vorgenommen werden, da die verlangten Erdproben erst sehr spät entnommen und abgeschickt werden konnten, weil der Boden nur sehr schwer austrocknet. Die Proben waren am 10. Mai nach über drei Wochen regenloser Zeit entnommen worden, dennoch war die Feuchtigkeit selbst nach 15 Tagen Reise so gross, dass sie noch eine Woche im Glashaus getrocknet werden mussten, um lufttrocken zu sein. Der Boden wurde dann zerkleinert und durch ein 1 cm weites Sieb gesiebt, um eine gleichmässige Beschaffenheit des Bodens zu erzielen. Wegen der grossen Verschlämmbarkeit dieser Böden musste von einer stärkeren Zerkleinerung abgesehen werden.

Eine Probe des lufttrocknen Bodens wurde zur chemischen Analyse und zur Bestimmung der Wasserkapazität verwandt.

Letztere in zwei Proben bestimmt, betrug 43,5% des (lufttrocknen) Bodengewichtes. Diese wurde gleich 100 gesetzt und die Bodenfeuchtigkeit

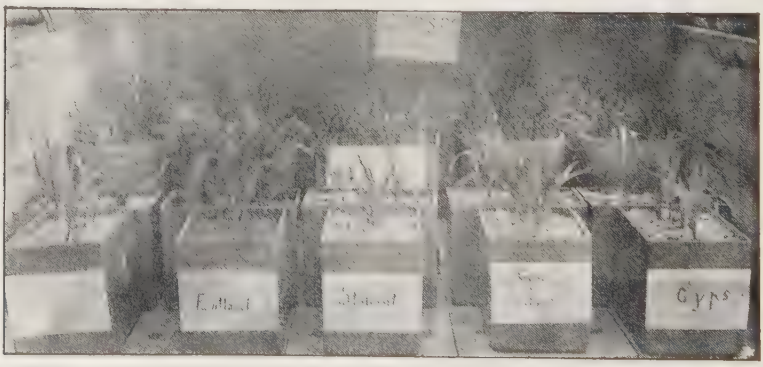
Entlaugt Roh

Tschernozem Sodaboden

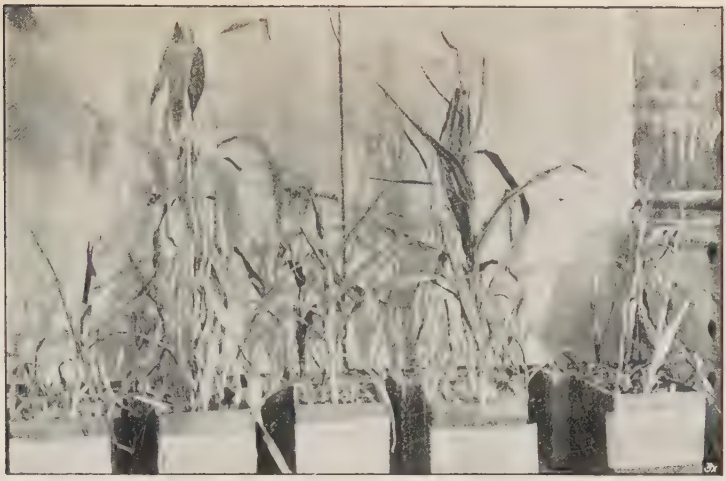
Fig. 1. Vegetationsversuch Serie I.
Gerste nach 25 Tagen auf sodahaltigem Boden aus Sipote, D. Jassy (S. 71).

Roher Boden.

Entlaugter Boden.
Fig. 2. Vegetationsversuch Serie I.
Gerste nach 25 Tagen auf neutralen Alkaliböden aus Stăvăresci. Obere Reihe unentlaugte, untere Reihe entlaugte Salzböden (S. 71).

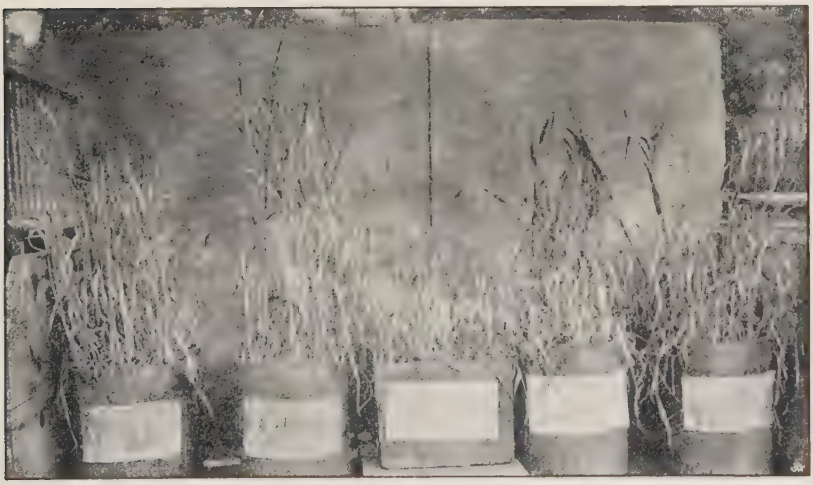


Roh Entlaugt Stallmist Gips und Stallmist Gips
Fig. 3. Vegetationsversuch Serie III.
Entwickelung von Mais und Gerste. Unvereinzelte Saat nach 25 Tagen (S. 80).



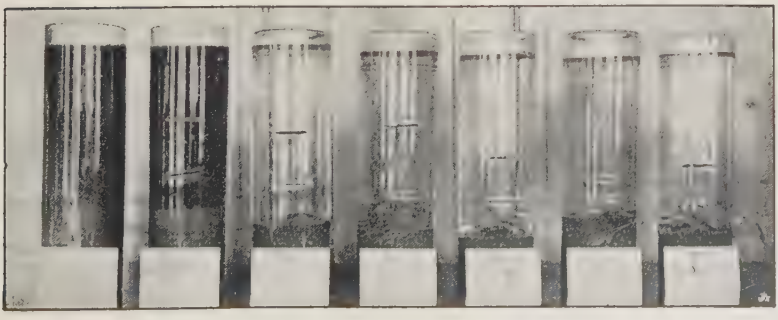
Roh Entlaugt Stallmist Gips und Stallmist Gips

Fig. 4. Vegetationsversuch Serie III.
Mais nach 125 Tagen (S. 84).



Roh Entlaugt Stallmist Gips und Stallmist Gips

Fig. 5. Vegetationsversuch Serie III.
Gerste nach 125 Tagen (S. 84).



1½ St.

3 St.

28 St

— $(NH_4)_2PO_4H$ NH_4Cl $(NH_4)_2SO_4$ H_2SO_4 $CaSO_4$ $CaSO_4$ (solut)

Fig. 6. Sodaboden Suditzi II.
Niederschlag des kolloidalen Ton und Humus durch die Soda zersetzenden Substanzen (S. 94).

während der Vegetation auf 70% der Kapazität (30,45% des Bodengewichtes) erhalten.[1])

Die Verwendung von Zinkgefässen schien bei dem hohen Salzgehalt nicht ratsam, da eine Bildung giftiger Zinkverbindungen den Gang der Versuche leicht hätte stören können.

Zur Vegetation mussten zwei Arten Gefässe verwendet werden: 1. acht zylindrische Glasgefässe von 30 cm Höhe und 20 cm lichter Weite, welche das Institut zu solchen Zwecken benützt. Ihr Flächenraum betrug 314 qcm; da die Mehrzahl der Gefässe des Instituts schon zu einer anderen Arbeit belegt war, und eine Nachlieferung nicht erzielt werden konnte, so wurden 2. noch 12 vierkantige Glasgefässe (Akkumulatorengefässe) von 20 cm Höhe und $26 \times 16 = 416$ qcm Flächenraum beschafft und ebenso wie die zylindrischen aussen mit einem bleigrauen Ölanstrich und Nummern versehen. Die Füllung der Gefässe geschah in der Weise, dass zu unterst eine ca. 2 cm hohe Schicht Kies und Steine gegeben wurde (2—2,5 kg), die gleich zur Austarierung der Gefässe auf je 5 kg diente. In diese Schicht wurden bei den runden Gefässen 3, bei den viereckigen 4 Glasröhren in senkrechter Stellung angebracht, die dem Zwecke der Bodendurchlüftung dienen sollten. Der Kies wurde mit 100 g Wasser befeuchtet und dann die Erde immer in Partien von 2 kg zugeschüttet, gleichmässig verteilt und mit der entsprechenden Menge[1]) (60%) Wasser befeuchtet. Dieses Verfahren ist besser als das trockne Einfüllen des gesamten Bodens und der nachherigen Zugabe des Wassers von oben oder unten durch die Röhren, da hiermit eine regelmässigere Durchfeuchtung der gesamten Bodensäule erzielt wird, während im anderen Falle leicht eine Versumpfung der einen Schicht stattfinden kann, während die entfernteren Schichten trocken bleiben. Das spätere Zugeben des verdunsteten Wassers von oben ist dagegen unbedenklich, da im angefeuchteten Zustande der Ausgleich der Wassermengen im Boden leichter von statten geht, und auch die Verluste von der Oberfläche aus erfolgen.

Die runden Gefässe für Gerste enthielten 8 kg, die vierkantigen für Mais 6 kg Boden. In je 2 runde und 2 vierkantige Gefässe wurde ausgelaugter Boden gebracht, der folgendermassen erhalten wurde:

Es wurden je 12 kg Boden in 3 Zinkkästen von 1 m Höhe und vierkantiger Form gebracht und dann Wasser bis zu 10 cm unterhalb des Randes zugelassen; durch kräftiges Rühren mit einem Holzstab wurde der Boden gut aufgerührt und dann nach 3—4 Stunden Stehenlassen die überstehende klare Flüssigkeit mit einem Spritzenschlauch abgehebert, davon eine Probe in eine Flasche aufgefangen und auf der letzteren die Höhe der abgelassenen Flüssigkeitssäule vermerkt. Dann wurde wieder aufgefüllt, verrührt und über Nacht stehen gelassen, am Morgen neuerdings abgelassen und Probe genommen; der abgesetzte Boden wurde in ein

[1]) Ursprünglich war der bei Vegetationsversuchen gebräuchliche Satz von 60% gegeben, dieser musste jedoch auf 70% erhöht werden.

Gefäss zusammengeschüttet, und so setzte sich eine weitere Menge Salzlösung ab, die abgehebert und von der ebenfalls eine Probe entnommen wurde. Der übrigbleibende dünnflüssige Brei wurde dann auf eine im Garten befindliche Zementplattform gegossen, getrocknet, zerkleinert und gesiebt. Von den verschiedenen Flüssigkeitsproben wurde durch Mischen im Verhältnis der abgelassenen Flüssigkeitssäulen eine Durchschnittsprobe für die Analyse gewonnen, und dann der gesamte Salzgehalt und das Chlor bestimmt.

Leider war beim Ausguss zum Trocknen ein grösserer Teil von der Zementplatte auf den umgebenden Sand und Kies geflossen und verloren gegangen. Deshalb konnten die runden Gefässe nur 7, die vierkantigen nur 5,5 kg entlaugten Boden erhalten, so dass sie nur bis 2 cm unterhalb des Randes gefüllt waren, was immerhin gewisse Nachteile für die Vegetation bieten kann.

Die Töpfe erhielten alle eine Volldüngung

pro Hektar	pro Gefäss[1]) runde	pro Gefäss[1]) vierkantige
von 400 kg 18 %igem Superphosphat	je 1,256	oder 1,6630 g
„ 400 „ 40 %igem Kalisalz		
2 mal 200 „ Chilisalpeter,	2 mal 0,628	oder 2 mal 0,832 g,

um ein Versagen der Kulturen aus Mangel an Nährstoffen auszuschliessen. Es wurden parallel 2 Versuchsreihen mit Mais und mit Gerste angestellt, und zwar waren:

Gefäss-Nr.	Mais	Gefäss-Nr.	Gerste
1, 2	Entlaugt.	59, 58	Entlaugt.
3, 4	Roh.	49, 43	Roh.
5, 6	2000 kg Gips pro Hektar.	13, 12	2000 kg Gips pro Hektar.
7, 8	2000 kg Gips u. 360 dz Stallmist pro Hektar.	33, 38	2000 kg Gips u. 360 dz Stallmist pro Hektar.
9, 10	360 dz Stallmist pro Hektar.	11, 12	360 dz Stallmist pro Hektar.

Von der Volldüngung war das Superphosphat und das Kali trocken unter das letzte Kilogramm Boden gemengt, das zu oberst in die Gefässe gefüllt wurde.

Stallmist und Gips wurden in die letzten 2 kg hineingemengt, beim Stalldünger wurde darauf geachtet, dass er gut untergebracht war und nicht hervorragte. Die Bestimmung des Wassers und N-gehaltes im verhältnismässig trockenen Stallmist ergab 40,2 % H_2O und 1,03 % N. Es haben also die runden Gefässe Nr. 33 und 38 noch je 2,06 g N, die

[1]) Die auf ein Gefäss entfallende Düngermenge wurde nach der Oberfläche desselben berechnet und von jedem Düngemittel einzeln abgewogen.

vierkantigen Nr. 11, 12, 10, 9, 8, 7 noch je 2,54 g N durch die Stallmistdüngung erhalten.

Die Aussaat erfolgte am 14. Juni. Bei den letzten 2 kg Erde war nicht die gesamte Wassermenge zugegeben worden, sondern nur 30%. Auf diesem mässig angefeuchteten Boden wurden bei den runden Gefässen für die Gerste 13 Stellen in Form zwei sechsteiliger Kreise und deren gemeinsamen Mittelpunkt markiert, so dass die Punkte des inneren Kreises zwischen zweien des äusseren lagen. Die Entfernung zwischen den einzelnen Stellen betrug etwa 4 cm; es standen jeder Gerstenpflanze also 24 qcm Wachsraum zu

In den vierkantigen Gefässen 11 und 12 wurden 20 Stellen in 5 Querreihen ausgewählt. Der Abstand zwischen den Reihen betrug 5 cm, zwischen den Pflanzen in den Reihen 4 cm, der Wachsraum pro Pflanze 20,0 qcm. Für den Mais wurden in den vierkantigen Gefässen 2 Stellen in der Längsachse je 7 cm vom Rande entfernt ausgehoben. Jede Pflanze besass also je 208 qcm Wachsraum.

Um die Zeit einzuholen, waren schon seit dem 10. Juni Gerste- und Maiskörner in Sand vorgekeimt. Die Keimlinge hatten schon 2—3 Würzelchen von 3—5 cm Länge; der Sand wurde nach Möglichkeit abgespült; dann wurden je zwei in ein Pflanzloch gebracht, so dass das anhaftende Korn 2 cm tief lag; ausserdem wurden dicht daneben noch 2 Gerstenkörner respektive 3 Maiskörner ausgesät, um, falls die Pflanzlinge nicht anwachsen sollten, einen Ersatz zu bieten.

Nach der Auspflanzung und Saat wurde das restierende Wasser (30 %) zugegeben.

Die Keimung erfolgte gleichartig in allen Töpfen, nur die ausgelaugten hatten einen Vorsprung von 2 Tagen. Die aus dem Samen hervorgehenden Pflanzen holten bis zum 7. Juli die vorgekeimten in der Entwickelung beinahe vollständig ein. An diesem Tage wurden die Pflanzen photographiert. In der Entwickelung zeigten sich schon deutlich wahrnehmbare Unterschiede. Bei der Gerste hatte die Entlaugung offenbar am günstigsten gewirkt; die Pflanzen waren am grössten und hatten eine hellere Farbe, dann zeigten Gips, Gips und Stallmist, sowie roher Boden nur ganz geringe Unterschiede, während die Töpfe mit Stallmist allein etwas zurückblieben und dünner entwickelte und kränkliche Pflanzen aufwiesen. Noch deutlicher waren die Unterschiede beim Mais; hier überragten die Pflänzchen der entlaugten Töpfe die anderen um fast das Doppelte, dann folgten Gips, roher Boden, Stallmist und Gips in absteigender Reihe und zuletzt hatte der Stallmist allein wieder besonders schädlich gewirkt. Dieses Gesamtbild (s. Fig. 3) wurde bei der am selben Tage vorgenommenen Vereinzelung bestätigt.

Bei der letzteren wurde nur je eine Pflanze, die kräftigste, an der Aussaatstelle belassen, die anderen 3 resp. 4 entfernt. Bei den Gefässen 11 und 12 war die Auswahl sehr schwierig, da vielfach sämtliche Pflanzen einer Stelle teilweise oder ganz verkümmert waren; wenn in der folgenden

Stelle 2 kräftige Pflanzen vorhanden waren, so wurden, falls ihre Stellung hierzu geeignet, dieselben zur Ausfüllung der Lücke stehen gelassen. Während die Gerstenpflanzen der anderen Töpfe schon mehrere Blätter besassen, war bei 11 und 12 meistenteils nur das erste Blatt entwickelt, und auch dieses hatte eine dürre Spitze, Chlorose kam bei einigen Pflänzchen vor, die ganz weiss waren und bald eingingen.

Es waren auch an einer der Stellen von Gefäss 58 mit entlaugtem Boden die Pflänzlinge eingegangen und die Samen nicht gekeimt. Dieses liess sich aber auf einen Fehler beim Begiessen zurückführen; der Wasserstrahl hatte den Boden vertieft, so dass sich hier das Wasser ansammelte. Diese Lücke wurde ebenso, wie oben beschrieben, ausgeglichen. Nachdem auch der Mais auf je 2 Pflanzen pro Gefäss vereinzelt war, wurde die Hälfte des Chilisalpeters in je 100 ccm Wasser gelöst und als Kopfdüngung gegeben, wobei auf eine gleichmässige Verteilung der Lösung geachtet wurde. Hinsichtlich der Wasserzufuhr wurde erst, ohne zu wägen, täglich gegossen und erst nach der Entfernung der überschüssigen Pflanzen sollte gewogen werden. Eine Versuchswägung, ausgeführt am 1. Juli, zeigte, dass die ursprünglich gegebene Wassermenge von 60 % für das Gedeihen der Pflanzen nicht ausreichte; sie wurde daher auf 70 % erhöht und von diesem Datum an regelmässig nach Gewicht gegossen sowie die verdunsteten Wassermengen notiert. Die Gefässe befanden sich auf einem Schienenwagen und wurden nachts und bei Regen in einen ungeheizten Nebenraum des Gewächshauses gerollt. Leider wurde die Gerste mehrmals von Blattläusen heimgesucht, die jedoch entfernt wurden. Eine Bräunung der Blattränder und Blattspitzen, die auch beim entlaugten Boden auftrat, kann nach Professor P. Holdefleiss auf die späte Bestellung der Gerste zurückzuführen sein.

Im übrigen zeigten die Pflanzen in allen Gefässen eine dunkle, blaugrüne Färbung; nur beim entlaugten Boden waren sie viel heller gefärbt.

Um das Wachstum zu fördern, wurde am 20. Juli die Chilidüngung wiederholt. In der Wasserverdunstung zeigten sich zwischen den einzelnen Wägungen von 2 Kontrollgefässen grosse Schwankungen, die sich aber innerhalb grösserer Zeiten ausglichen, eine Erscheinung, die bei solchen Versuchen öfters beobachtet wird. Um daher besser sichtbare Resultate zu erzielen, wurde vom 26. Juli ab in grösseren Intervallen gewogen und zwischendurch alle Töpfe mit dem in einem Mafskölbchen abgemessenen Quantum von 210 g zweimal wöchentlich begossen, was den bis dahin ermittelten Verdunstungsmengen annähernd entsprach. Die dann nach 12 bis 14 Tagen vorgenommenen Wägungen zeigten ein viel charakteristischeres Bild. Mit dem Kälterwerden der Jahreszeit wurden die Wägungsperioden auf 3 und zuletzt 4 Wochen verlängert.

Am 30. Oktober erfolgte die Ernte. Trotz der langen Vegetationszeit war die Gerste in den meisten Gefässen nicht zur Reife gelangt; eine weitere Ausdehnung der Versuche versprach aber keinen Erfolg; obwohl

die meisten Pflanzen schon Ende September bis zur Ährenbildung sich entwickelt hatten, waren die Ähren grösstenteils in den letzten Blattscheiden stecken geblieben oder hatten keine Körner entwickelt. Überhaupt ist in Anbetracht des hohen Salzgehaltes im Boden das Gelingen der Kulturen nur auf die hohe Bemessung der Wassergaben zurückzuführen.[1])

Während der Vegetationsperiode wurden noch einige Beobachtungen über die Entwickelung notiert, die nebst der Verdunstung und den Ernteergebnissen in den Tabellen XX—XXIII zusammengestellt sind.

Tabelle XX. **Ernteertrag.**
Gerste.

	Nummer des Gefässes	Grüne Masse g	Lufttrockene Masse g	Absolute Trockensubstanz Stroh g	Absolute Trockensubstanz Körner g	Totale Asche des Strohes g	Absoluter Aschegehalt des Strohes %	Nach dem Vereinzeln verdorrte Pflanzen Stück	Nach dem Vereinzeln verdorrte Pflanzen %
Roh	43	48,12	18,13	15,65	—	2,75	16,61	—	—
	49	54,18	19,31	17,64	—	2,60	14,81	—	—
Entlaugt	58	55,23	20,86	18,04	1,30	3,22	17,86	—	—
	59	49,91	17,75	14,50	1,91	2,32	16.05	—	—
Stallmist	11	6,70	4,21	3,79	—	1,20	24,68	18	90
	12	21,60	9,89	8,97	—	1,98	22,11	11	55
Gips und Stallmist	33	29,30	11,00	10,04	—	2,33	22,21	5	38
	38	50,11	17,85	15,78	0,33	2,49	15,61	4	30
Gips	13	35,17	13,16	11,78	0,16	2,37	20,09	6	46
	2	20,56	10,00	9,09	—	1,52	16,69	7	54

Tabelle XXI. **Ernteertrag.**
Mais.

	Nummer des Gefässes	Grüne Masse g	Lufttrockene Masse g	Absolute Trockensubstanz Stroh g	Absolute Trockensubstanz Körner g	Totale Asche des Strohes g	Absoluter Aschegehalt des Strohes %	Nach dem Vereinzeln verdorrte Pflanzen
Roh	4	5,09	1,49	1,43	—	0,2954	20,67	30. Aug. 1
	3	29,92	6,99	6,15	—	0,9825	16,14	—
Entlaugt	2	82,08	29,22	22,73	3.35	2.6930	11.84	—
	1	100,10	27,46	23,79	0,22	2,9419	12,36	—
Stallmist	10	32,17	6,06	5,24	0.09	0,7128	13.61	20. Juli 1
	9	38,58	7,80	6,74	—	1,0140	15,05	—
Gips und Stallmist	8	82,25	22,01	17.95	0.65	2,7669	15,30	—
	7	101,38	25,81	21,62	—	3,0636	14,17	—
Gips	6	32,81	8,94	7,75	—	2,1595	17,81	—
	5	1,58	0,85	0,76	—	0,2088	27,36	4. Septbr. 1; 11. Septbr. 1

[1]) Auch verhinderte das häufige Begiessen eine Ansammlung der Salze an der Oberfläche des Bodens.

Tabelle XXII.

Verdunstung der Vegetationsversuche mit Gerste auf Salzboden.

Ausgeführt im Versuchsgarten des Landwirtschaftlichen Instituts zu Halle a. S. mit Salzboden III a aus Stăvăresci (D. R. Sărat), Rumänien.

Art der Melioration:	Gefäss Nr.	Es verdunsteten täglich pro Gefäss[1]) im Mittel Gramm H_2O innerhalb der Perioden								Das verdunstete Wasser entsprach einer Regensäule von Millimeter	
		28. Juni bis 8. Juli	9. bis 23. Juli	24. Juli bis 5. August	6. bis 19. August	20. August bis 2. Sept.	3. bis 17. September	18. Sept. bis 18. Oktbr.	19. bis 30. Oktober	Summa 28. Juni bis 30. Oktbr.	Mittel pro Tag
Roh	43	95,4	93,3	133,0	130,7	90,8	109,3	57,0	64.6	366	2.92
	49	95,4	97,3	119,2	133,6	91,3	110,8	37,7	58,7	344	2,75
Entlaugt	58	86,8	77,0	136,9	126,4	90,0	122,6	57,0	17,1	343	2,74
	59	110,9	77,3	106,1	110,7	85,3	104,6	35,7	35,4	307	2,46
Stallmist[1])	11	49,4	46,0	64,0	56,8	42,2	52,8	46,3	23,5	189	1,51
	12	45,8	66,9	92,3	91,1	58,8	67,9	48,0	22.5	210	1,68
Stallmist und Gips	33	98,6	93,0	122,3	117,8	75,3	81,3	60.3	13,3	320	2,56
	38	91,8	88,0	118,4	136,4	85,3	101,3	55,3	20,4	334	2,67
Gips	2	83,6	87,6	103,0	90,7	67,3	78,0	36,3	56,7	277	2,22
	13	90,0	96.0	120,8	125,7	76,0	89,3	45,3	27,5	333	2,67

Tabelle XXIII.

Verdunstung der Vegetationsversuche mit Mais auf Salzboden.

Ausgeführt im Versuchsgarten des Landwirtschaftlichen Instituts zu Halle a. S. mit Salzboden III a aus Stăvăresci (D. R. Sărat) Rumänien.

Art der Melioration:	Gefäss No.	Es verdunsteten täglich pro Gefäss[2]) im Mittel Gramm H_2O innerhalb der Perioden								Das verdunstete Wasser entsprach einer Regensäule von Millimeter	
		28. Juni bis 8. Juli	9. bis 23. Juli	24. Juli bis 5. August	6. bis 19. August	20. August bis 2. Sept.	3. bis 17. September	18. Sept. bis 18. Oktbr.	19. bis 30. Oktober	Summa 28. Juni bis 30. Oktbr.	Mittel pro Tag
	4	85	85	79	86	50	50	64	16	195	1,56
	3	78	83	82	78	59	70	52	19	194	1,55
Roh	2	119	120	153	160	91	94	44	78	299	2,39
	1	113	109	138	134	83	92	44	57	270	2,16
Stallmist	10	68	94	100	80	63	61	60	77	202	1,61
	9	91	92	101	91	60	59	43	50	211	1,69
Stallmist und Gips	8	69	82	84	94	70	80	50	32	208	1,66
	7	89	88	102	107	73	86	54	11	236	1,89
Gips	6	81	91	80	84	63	69	56	12	199	1,59
	5	85	90	101	89	58	42	—	—	153	1,23

[1]) Die Oberfläche der Gefässe betrug für alle Gefässe je 314 qcm, ausser den Gefässen mit Stallmist Nr. 11 und 12, die 416 qcm Oberfläche hatten.

[2]) Die Oberfläche der Gefässe betrug je 416 qcm.

Wenn wir nun die Ergebnisse zusammenfassen, so finden wir, dass sowohl bei der Gerste als beim Mais der entlaugte Boden den Höchstertrag an Trockensubstanz ergeben hat; am deutlichsten tritt diese Wirkung bei dem Mais zutage, da diese Pflanze gegen Salze am empfindlichsten ist. Einen fast ebenso guten Einfluss hatte die Gips-Stallmistdüngung beim Mais; Gips allein zeigte keine Wirkung, während der Stallmist allein auf die Pflanzen verschieden gewirkt hatte. Bei der Gerste zeigte sich eine andauernde Schädigung, die zu einem erheblichen Ertragsrückgange führte. Beim Mais war eine grössere Empfindlichkeit gegen Wassermangel zu bemerken; auch entwickelten sich die Pflanzen anfangs kümmerlich; später glich sich dies jedoch aus und der Ertrag an Trockensubstanz war sogar etwas gefördert.

Die Gerste der Töpfe mit Stallmistdüngung zeigte dieselben dünnen Stengel und schlaffen Blätter wie bei dem vorjährigen Versuch die Gerste auf dem sodahaltigen Boden von Sipote. Auch die Farbe der Blätter war ebenso wie damals braungrün; der grösste Teil der Pflanzen ging ein, und zwar zeigte sich bei der Vereinzelung, dass an einzelnen Pflanzen, die noch grün waren, der Stengel an der Berührungsstelle mit dem Boden in Fäulnis übergegangen war. Diese Stelle befand sich stets dicht an der Bodenoberfläche und der tiefergelegene Teil der Wurzelkrone war bei manchen noch intakt; offenbar hatten die an der Oberfläche auswitternden Salze bei ihrer Berührung mit dem Stengelgewebe eine ätzende Wirkung hervorgerufen. Von den Salzen hat aber nur die Soda diese direkt schädliche Wirkung, und ihre temporäre Bildung ist durch die Entwickelung von grossen Kohlensäuremengen bei der Zersetzung des Stallmistes leicht erklärlich. Der im Boden enthaltene schwerlösliche Gips konnte diese Umsetzung nicht verhindern, da wenigstens ein Teil der leicht löslichen Soda durch die Verdunstung an die Oberfläche gefördert wurde. Es kam jedoch zu keiner grösseren Ansammlung von Soda im Boden, die sich an der Oberfläche durch die charakteristische Form der Kristalle hätte zeigen können, da durch das Giessen die Salze immer wieder in tiefere Schichten gelangten, wo die Soda durch den Gips des Bodens wieder zersetzt wurde.

In den Gefässen mit Gips und Stallmist hatte die starke Gabe von 2000 kg Gips pro Hektar neben dem Stallmist in der obersten Schicht offenbar die Bildung von Soda völlig verhindern können; daraus erklärt sich der grosse Unterschied zwischen den zwei Versuchen. Die günstigste Wirkung des Stallmistes lag wohl an der Stickstoffzufuhr.

Auch beim Mais hatte die Sodabildung, als seine Wurzeln noch in der obersten Schicht lagen, geschadet, wie nach seiner anfänglich schwachen Entwickelung zu schliessen ist (s. Fig. 6). Da aber der Bau seiner Cuticula fester ist und die Gefässe in dem vollen Stengel verteilt sind, entging er einer tödlichen Verletzung durch die Soda, und als später die Wurzeln in grössere Tiefe drangen, konnte die gute Wirkung des Stallmiststickstoffes eine grössere Produktion an Trockensubstanz herbeiführen (s. Fig. 4).

Ein direkter Nachweis der Soda im Boden wurde nicht versucht, da bei der Herstellung des Wasserauszuges der im Boden vorhandene Gips eine Rückbildung der Soda herbeiführen musste.

Tabelle XXIV.

Meteorologische Tabelle

für die Periode der Vegetationsversuche nach den Daten der Wetterwarte des Landwirtschaftlichen Instituts zu Halle a. S.

Datum:	Niederschläge	Temperaturen des trockenen Thermometers			Relative Feuchtigkeit	Bewölkung (1—10)	Stundenwerte des Sonnenscheinautographen
		mittleres					
	Summa mm	Maximum	Minimum	Tagesmittel	Tagesmittel	Tagesmittel	Tagesmittel
28. Juni bis 8. Juli . . .	7,5	19,4	9,8	14,9	71	7,1	4,60
9. Juli bis 23. Juli . . .	85,9	21,9	14,4	17,2	78	7,6	3,54
24. Juli bis 5. August . .	39,5	22,9	13,4	16,6	72	7,0	4,79
6. August bis 19. August .	10,4	22,3	12,9	17,0	72	6,1	6,07
20. August bis 2. Septbr. .	35,4	20,6	12,1	15,9	73	10,0	4,39
3. Septbr. bis 17. Septbr. .	61,1	20,2	10,0	13,3	83	6,2	2,87
18. Septbr. bis 18. Oktbr. .	19,0	16,9	7,4	11,8	78	5,3	4,61
19. Oktbr. bis 30. Oktbr. .	8,9	11,6	4,2	7,3	83	6,4	2,89
28. Juni bis 30. Oktbr.. .	267,7	19,1	10,2	14,2	77	6,8	4,16

Hinsichtlich der verdunsteten Wassermengen zeigt sich zwar im allgemeinen ein Zusammenhang zwischen dem Ertrag an Trockensubstanz und zumal an Pflanzenasche und der verdunsteten Wassermenge, z. B. besassen die Stallmistgefässe auch die geringste Wasserverdunstung. Im einzelnen trifft diese Relation jedoch nicht ganz zu; auch ist durch das Eingehen einzelner Pflanzen bei den Gefässen mit Gips, Stallmist, sowie jenen mit Gips und Stallmist eine nicht berechenbare Störung eingetreten; dasselbe gilt für den Mais, wo bei der geringen Zahl der Pflanzen diese Störung auch den Ertrag stark verminderte. Nur bei Gefäss Nr. 10 hatte das frühzeitige Absterben der einen Pflanze eine kräftigere Entwickelung der anderen zur Folge. Dass die Verdunstung mit der Witterung zusammenhängt, ist selbstverständlich, und es wurde deshalb eine Wettertabelle der entsprechenden Zeiträume nach den täglichen Beobachtungen der Meteorologischen Station des Landwirtschaftlichen Instituts hergestellt (Tabelle XXIV). Zum Vergleich mit den in dieser Zeit gefallenen Niederschlägen wurden die verdunsteten Wassermengen auf Millimeter Niederschlagshöhe umgerechnet; es zeigte sich, dass bei der Gerste die Verdunstung im Durchschnitt (303 mm) grösser war als die gleichzeitig gefallene Regenmenge (267 mm), beim Mais (221 mm) war das Gegenteil der Fall. Die dem Gute Stăvăresci am nächsten gelegenen zwei Meteorologischen Stationen IV. Ordnung sind Slobozia-Galbenu im Südosten und Vâlcelele im Süd-

westen. Die durchschnittliche jährliche Regenhöhe beträgt hier 463 mm und 435 mm; davon entfallen auf die Monate Juli bis Oktober 137 mm resp. 127 mm, die der normalen Vegetation der Gerste entsprechenden vier Monate April bis Juli zeigen 193 mm resp. 186 mm Niederschläge; die dem Maisbau entsprechenden Monate Mai bis August haben 190 resp. 177 mm Niederschläge; die dort fallenden Regenmengen reichen also nicht aus für die hier mit Hilfe des Begiessens erzielte Vegetation.

IV. Vegetationsversuche mit Bodenprofilen.

IV. Um Aufschluss über die Verbreitung des Wurzelsystems in den verschiedenen Schichten des Salzbodens zu bekommen, wurden weitere Vegetationsversuche mit Bodenprofilen in 1 m hohen Tonröhren[1]) von 20 cm lichter Weite angestellt. Das untere Ende dieser Röhren wurde mit einem Holzdeckel und Zement verschlossen und darauf wurde eine 15 cm hohe Kiesschicht eingefüllt, über welche die drei Schichten a, b und c des Bodens Stăvăresci Zone IV in einer der natürlichen Schichtung entsprechenden Höhe eingefüllt und in der oben beschriebenen Weise angefeuchtet wurden. Von einer Luftzuführung in dem Untergrund musste bei dem hohen Bodenprofil abgesehen werden. Die Röhren standen in einem Grubengang zwischen den Vegetationskästen für die Drainwasseruntersuchungen des Instituts und ihre Mündung war dem oberen Erdboden gleich.

In einer der Röhren Nr. I war der Boden roh, in den anderen Nr. II und III wurde die obere Bodenschicht entlaugt. Der Salzgehalt der einzelnen Schichten ist aus Tabelle XVIII ersichtlich. Am 7. Juli wurden zwei Maispflanzen von 15 cm Höhe aus dem Versuchsgarten in Röhre Nr. I und II ausgepflanzt. In die Röhre Nr. III wurde ein Rübensteckling, Sorte Kl. Wanzlebener Zuckerrübe, gepflanzt. Da die Maispflanze im rohen Boden verdorrte, wurde sie am 10. Juli ebenfalls durch einen Rübensteckling ersetzt. In den ersten 14 Tagen wurden die Pflanzen begossen, dann erhielten sie nur das Wasser der in dieser Zeit fallenden Niederschläge (s. Tabelle XXIV). Die Rübenpflanzen wuchsen gut an, die Maispflanze entwickelte sich bis zur Blüte, setzte aber keine Kolben an, und ihr Wuchs war so kümmerlich, dass die Länge der vier neugebildeten Stengelglieder zusammen nur 6 cm betrug, während das erste Stengelglied allein 15 cm Länge besessen hatte.

Am 7. November wurden die Röhrengefässe mit Meissel und Hammer der Länge nach gespalten und die Wurzeln durch einen feinen Wasserstrahl allmählich freigelegt. Es zeigte sich, dass bei dem Mais die Wurzeln in der obersten 2 cm tiefen Schicht abgestorben waren; die lebenskräftigsten Wurzeln hatten sich in 3—10 cm Tiefe verzweigt, nur vereinzelte Fäden drangen bis in 15 cm Tiefe vor; in der unentlaugten Schicht IV b fanden sich keine Wurzeln. Bei den Rüben waren im entlaugten Boden die Wurzeln bis 20 cm Tiefe stark verzweigt und drangen teilweise noch in

[1]) Es mussten Röhren gebraucht werden, da andere Gefässe nicht zur Hand waren.

die zweite Schicht, insgesamt bis 25 cm ein. Das Wurzelnetz war von der Hauptwurzel bis zum Röhrenrand gleich stark verzweigt. Leider hinderte der zähe plastische Boden die Freilegung der Wurzeln sehr, und obwohl der Boden zwei Tage in einem Bottich mit Wasser durchweicht und nachher mit der Spritzflasche abgeschlämmt wurde, ging doch ein grosser Teil der äussersten Wurzeln verloren.

In Röhre I mit dem unentlaugten Boden zeigte sich an der etwas verkürzten Hauptwurzel ein dichter Wurzelfilz, der jedoch sehr kurz war, und nur vereinzelte Fäden drangen bis zu dem seitlichen Rand des Gefässes vor. Die nach der Tiefe gehenden Wurzeln waren kümmerlich entwickelt und hörten schon in 15 cm Tiefe, ohne sich zu verzweigen, auf.

Das Erntegewicht war 18,68 g Wurzel und 5,64 g Blätter bei Nr. III und 11,03 g Wurzel nebst 3,81 g Blätter bei Nr. I. Die lufttrockenen Wurzeln wogen 4,77 resp. 2,77 g.

Es haben sich also im allgemeinen die Rüben zwar auch in ihrem Wachstum durch den hohen Salzgehalt des Bodens beeinträchtigen lassen; namentlich ist die geringe Entwickelung der Wurzelmasse nur teilweise auf die späte Auspflanzung zurückzuführen, wie sich aus den verschiedenen Erträgen von Nr. I und II ergibt, doch haben die Rübenpflanzen ihre geringere Empfindlichkeit gegen Salz, die Wohltmann schon 1893 bei seinen Kochsalzdüngungen festgestellt hatte, auch hier wieder bewiesen, denn die Pflanzen zeigten kein krankhaftes Aussehen; die Blätter waren zwar klein, aber ohne verdorrte Spitzen und das Anwachsen der Stecklinge war ohne Mühe gelungen, selbst bei Nr. I, wo die Maispflanzen zugrunde gegangen. Die Wurzelentwickelung blieb aber gegenüber den auf normalem Boden gewachsenen Rüben, wo das Wurzelnetz bis zu 2 m Tiefe reicht, um das Vielfache zurück. Es würde also ohne Melioration auf dieser Bodenart die Rübenkultur nicht lohnen.

Anders stellt sich die Sache bei dem weniger salzreichen Boden, zumal wenn durch Gipsen die Soda neutralisiert würde; denn der Kochsalz- und Glaubersalzgehalt der Böden von Sipote und Suditzi würde dem Anbau von Rüben nicht schaden, da neuere Versuche gezeigt haben, dass die Rübe eine natronliebende Pflanze ist und die Kochsalzdüngung teilweise dieselbe Wirkung wie die Salpeterdüngung besitzt. Die unter Leitung Wohltmanns ausgeführten Arbeiten von Subow haben dieses zur Genüge bewiesen.[1])

Gesamtergebnisse der Versuche.

Die Ergebnisse aller Keimungs- und Vegetationsversuche lassen sich in folgendem zusammenfassen:

1. Die Unfruchtbarkeit der verwendeten rumänischen Salzböden wird durch deren Salzgehalt bedingt, wie die gute Wirkung der Entlaugung bei sämtlichen Versuchen beweist.

[1]) Subow, W., Düngerwirkung des Kochsalzes im Vergleich zu Chlorkalium. Diss. Halle a. S. 1910.

2. Die Wirkung der schlechten physikalischen Bodenbeschaffenheit ist relativ eine geringe gegenüber dem Salzgehalt, sie kann nur durch die Ansammlung stauender Nässe (z. B. beim entlaugten Boden des Gefässes Nr. 58) ein Verfaulen der Samen bewirken.

3. Die Schädlichkeit der Salze ist eine sehr verschiedene, von denselben scheint nur die Soda die Pflanzen direkt zu verletzen, vielleicht durch Abscheidung freier Natronlauge. Die Schädigung durch Glaubersalz und Kochsalz scheint mehr eine indirekte zu sein, vielleicht durch Verhinderung der osmotischen Wasser- und Nährstoffaufnahme, denn die Pflanzen zeigten selbst bei den starken Wassergaben alle Zeichen des Wassermangels.

4. Die Pflanzen nehmen auf Salzboden eine viel höhere Menge von Salzen auf. Dies hatten schon die Untersuchungen von Subow bei Kochsalzdüngung gezeigt.

5. Die Schädigung des Pflanzenwuchses wird besonders durch die Anhäufung der Salze direkt unter der Oberfläche bedingt. Daher waren die Wurzeln vom Versuch IV in der Oberkrume eingegangen. Ebenso kann das Gedeihen der Vegetationsversuche (III) auf das regelmässige Giessen in kurzen Intervallen zurückgeführt werden.

6. Die rumänischen Salzböden zeigen auch bei Vegetationsversuchen grosse Ähnlichkeit mit den Salzböden anderer Länder.

Schädlichkeitsgrenze der Salze.

Die bisher erforschten Alkaliböden Amerikas, Russlands und Ungarns enthalten gleich den Salzländereien Rumäniens ebenfalls hauptsächlich die drei Verbindungen des Natrons: Kochsalz, Glaubersalz und Soda. Dieses sind auch die für den Pflanzenwuchs schädlichen Salze, neben denen als geringer schädlich, weil meist in geringeren Mengen vorhanden, noch KCl, K_2SO_4, K_2CO_3, $MgCl$, $MgSO_4$ vorgefunden wurden.

Die Schädlichkeit der ersten drei Salze ist eine sehr verschiedene, wie sich auch aus dem Vergleich des Salzgehaltes der Böden Stăvăresci, Sipote und Cotnari mit den Ergebnissen der Vegetationsversuche ergibt.

Deutsche, amerikanische und russische Forscher haben die Schädlichkeit der Salze teils durch Vegetationsversuche in Töpfen mit natürlichen Salzböden, teils durch Zusatz künstlicher Salze zu verschiedenen Bodenarten festzustellen versucht. Es wurde hierbei sowohl die Schädlichkeitsgrenze der einzelnen Salze auf die Vegetation als auch das Verhalten verschiedener Pflanzen gegen wechselnde Gaben einzelner Salze und Salzgemische geprüft. Die Topfversuche bieten den Vorteil leichterer Ausführung und besserer Kontrolle aller Faktoren, andererseits sind dabei Abweichungen von den natürlichen Vorgängen, zumal bei der Verdunstung, wegen der mangelnden Bodenlüftung und der seitlichen Erwärmung der Gefässe schwer zu vermeiden.

Am grössten sind diese Abweichungen bei den künstlich hergestellten Salzböden, da sich hierbei nur die chemischen Eigenschaften der Salzböden, nicht auch die physikalischen Abweichungen herstellen lassen.

Lehrreiche Parzellenversuche hat Wohltmann[1]) im Versuchsfelde der Landwirtschaftlichen Akademie zu Bonn-Poppelsdorf angestellt; sie bezogen sich auf die Wirkung verschieden grosser Kochsalzgaben auf die Kulturpflanzen und zeigten, dass dieses Salz in sehr geringen Mengen für die meisten Pflanzen förderlich wirkt, vermutlich weil es die Aufschliessung der Nährstoffe des Bodens begünstigt, dass aber mit steigenden Gaben immer deutlicher eine Schädigung des Pflanzenwachstums hervortrat. Nur die Zucker- und Futterrüben zeigten sich auch für grössere Salzgaben ebenso dankbar wie für Chilisalpeter. Woraus Wohltmann schloss, dass dieses natronliebende Pflanzen sind, und die gute Wirkung der Chilisalpeterdüngung bei Rüben auch mit auf ihr Natronbedürfnis zurückzuführen sei. Weitere Arbeiten unter Wohltmanns Leitung haben diese Annahme vollkommen bestätigt und gezeigt, dass bei Rüben der Chilisalpeter teilweise durch Kochsalz ersetzt werden kann. Es hat sich bei Wohltmanns Versuchen noch gezeigt, dass bei längerer Dauer des Versuches auf ein- und derselben Parzelle der Boden durch die Salzgaben auch seine physikalische Beschaffenheit verändert. Denn die von Wohltmann benutzten Parzellen V und VII, die in acht Jahren die grössten Salzmengen erhalten hatten, zeigten eine vollkommen eingesunkene Oberfläche und eine grosse Plastizität und Undurchlässigkeit. Das Wasser bildete auf ihnen kleine Pfützen noch lange, nachdem die übrigen Parzellen abgetrocknet waren.

Kossowitsch[2]) hat Düngungsversuche in Töpfen mit Kochsalz, Glaubersalz und Gips angestellt. Die Ergebnisse zeigten, dass ein noch so grosser Gipsgehalt für die Pflanzen nicht schädlich ist, und dass Glaubersalz viel weniger schädlich wirkt als Kochsalz. Ausserdem hat Kossowitsch Keimungsversuche mit verschiedenen turkestanischen und sibirischen Salzböden angestellt.

Äusserst zahlreich sind die Versuche amerikanischer Forscher, von denen Hilgard, Loughridge, Means, Shaw zu nennen wären. Versuche von Dr. Shaw Cal. Exp. Stat. zeigten, dass bei mehr als 0,8 % Na_2SO_4 + 0,1—0,2 % NaCl die Rüben gut gediehen, während sie bei 0,2 $NaSO_4$ in über 0,2 NaCl schlecht wurden. (S. Hilgard Soils S. 465).

Nach Hilgard (Wollny, Forschungen 1896, Bd. XVIII, S. 20) kann die Zuckerrübe auf leichtem Sandboden ca. 0,1 % NaCl nebst 0,2 $NaSO_4$ vertragen, ohne dass der Zuckergehalt sinkt.

Swaving (Landwirtschaftliche Versuchs-Stationen 1899, Bd. 51, S. 463) fand auf den überfluteten Poldern, dass Luzerne, Zuckerrüben und Gerste gut bis 1 % Cl vertragen können, und dass dies die widerstandsfähigsten

[1]) VII. Bericht des Instit. f. B. u. Pfl. der landw. Akad. zu Bonn-Poppelsdorf 1904. Die Wirkung der Kochsalzdüngung auf unsere Feldfrüchte von F. Wohltmann.

[2]) Journal für experim. Landw. St. Petersburg 1906. S. 43 ff.

Kulturpflanzen sind. Reinders fand, dass 2,5 g NaCl pro Liter der Keimung schade (Landw. Jahrb. 1883, S. 815, 795).

Höstermann fand, dass von den Wiesengräsern Dactylis und Phleum schon bei 0,05 % NaCl litten, während Holcus lanatus von 0,1 % noch gefördert wurde; bei 0,5 % gingen alle Pflanzen ein (Landwirtschaftliche Jahrbücher XXX. Bd., Ergänzungsband III, S. 371—432). Die Grenze der Schädlichkeit bei mittlerer Wasserkapazität und genügender Feuchtigkeit scheint also bei 0,05 % Cl im Boden zu liegen, was etwa 0,25 % Cl in der Bodenlösung entspricht.[1]) Luzerne, Gerste und Rüben vertragen bis 0,1 %, Waldbäume bis 0,02 %.

Die relative Schädlichkeit der verschiedenen Salze.

Von den drei Verbindungen des Natriums ist am wenigsten schädlich für das Pflanzenwachstum das Glaubersalz, der Hauptbestandteil der weissen Alkaliböden. Gerste kann davon fünfmal grössere Mengen als vom Soda

Tabelle XXV.

Erträglichkeitsgrenze verschiedener Pflanzen für Alkali.

Salzgehalt in 4 Fuss tiefer Ackerkrume in Kilogramm pro Hektar.

Nach Dr. Loughridge.

Alkalisulfat (Glaubersalz)		Alkalikarbonat (Soda)	
Salzbusch (Atriplex Semibaccata)	102,982	Salzbusch	16,690
Luzerne (alt)	92,157	Gerste	10.944
„ (jung)	9,998	Hornklee	10,161
Sandwicke	57,198	Mohrenhirse (Sorghum)	8,848
Mohrenhirse (Sorghum)	55,410	Rettig	7,841
Zuckerrübe	47,335	Modiola	4.280
Sonnenblume	47,335	Zuckerrübe	3,597
Rettig	46,654	Glasweizen	2,697
Artischocke	34,819	Artischocke	2,481
Mohrrübe	22,373	Lupine	2,446
Glasweizen	18,848	Sandwicke	2,229
Weizen	13,596	Luzerne	2,122
Gerste	10,809	Gräser	2.068
Geisraute (Gallega offic.)	9,784	Kafferkorn	1,618
Roggen	8,812	Zwiebel	1,618
Rohrglanzgrass (Phalaris arundinacea)	8,095	Sonnenblume	1,582
Engl. Raigras (L perenne)	6.202	Weizen	1,330
Modiola (M. procumbens)	6,095	Mohrrübe	1,015
Hornklee	5,125	Roggen	863
Lupine	4,892	Geisraute	663
Weisser Honigklee	4,424	Weisser Honigklee	431
Sellerie	3,669	Rohrglanzgras	107
Salzgras (Distlichis spicata)	39,567	Salzgras	122,523

[1]) D. h. wenn die Bodenfeuchtigkeit 20 % des Bodengewichtes entspricht, also auf schweren Boden bei 50—60 % der Wasserkapazität.

Tabelle XXVI.

Erträglichkeitsgrenze verschiedener Pflanzen für Alkali.

Salzgehalt in 4 Fuss tiefer Ackerkrume in Kilogramm pro Hektar.

Nach Dr. Loughridge.

Alkalichlorid (Kochsalz)		Totalsalze	
Modiola	36,743	Salzbusch	140,913
Salzbusch	11,258	Luzerne (alt)	99,207
Zuckerrübe	9,208	„ (jung)	11,798
Hirse	8,702	Hirse	73,164
Sellerie	8,630	Sandwicke	62,173
Zwiebel	5,224	Rettig	56,310
Kartoffel	5,224	Sonnenblume	53,812
Sonnenblume	4,892	Zuckerrübe	53,812
Gerste	4,586	Modiola	47,139
Sandwicke	2,841	Artischocke	38,632
Lupine	2,733	Mohrrübe	25,611
Mohrrübe	2,122	Gerste	22,949
Rettig	2,014	Glasweizen	21,870
Roggen	1,546	Weizen	15,539
Artischocke	1,330	Hornklee	15,287
Glasweizen	1.330	Sellerie	12,300
Weizen	1,042	Roggen	11,222
Gräser	899	Geisraute	10,611
Weisser Honigklee	395	Lupine	10,071
Geisraute	143	Rohrglanzgras	8,416
Rohrglanzgras	71	Zwiebel	34,603
Salzgras	63,272	Kartoffel	34,603
		Salzgras	342,720

und mehr als das Doppelte als vom Kochsalz vertragen. Da jedoch die Ertragsfähigkeit sehr mit der Art des Bodens schwankt, so kann man keine exakten, allgemein gültigen Zahlen dafür geben. Auf dem sandigen Lehm von Thulare-Station in Kalifornien lag die Schädlichkeitsgrenze bei 0,1 Na_2CO_3; 0,25 NaCl und 0,45—0,5 Na_2SO_4. Bei schweren Böden ist die Schädlichkeitsgrenze viel niedriger, zumal für Soda, wegen deren schlechten Einwirkung auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens, die zu der ätzenden Wirkung des Salzes hinzutritt.

Für die relative Erträglichkeitsgrenze der verschiedenen Pflanzen hat Loughridge eine Tabelle (in Hilgards Werk Soils S. 467)[1]) aufgestellt nach den Beobachtungen auf den Alkaliböden von Tulare, Kino und anderen Experim. Subst. in Kalifornien. Hierbei wurden die Äcker, auf welchen die Pflanzen noch gediehen, auf ihren Salzgehalt untersucht. Solche feldanalytischen Versuche sind empfehlenswerter als Topfversuche, da hier die natürlichen Verhältnisse mehr vorherrschen als bei den letzteren. Daher habe ich aus dieser Tabelle den Teil über die Feldfrüchte, auf Hektar und Kilogramm umgerechnet, in Tabelle XXV und XXVI wiedergegeben.

[1]) Siehe Literaturübersicht.

Physikalische Mängel der Salzböden.

Bei der Beschreibung der Salzböden wurde wiederholt auf ihre plastische, wasserundurchlässige, zähe Beschaffenheit hingewiesen, die eine Bearbeitung dieser Böden sehr erschwert. Auch dort, wo die Salzböden in Wiesen vorkommen, kann wegen der nach jedem Regen sich ansammelnden Wasserlachen keine gute Vegetation gedeihen und es entstehen darauf kahle Flecken, die, selbst wenn der Salzgehalt sonst die Vegetation nicht schädigt, eine Verminderung des Ertrages bedeuten. Die Resultate der Schlämmanalysen stehen keineswegs im Einklang mit diesem strengen, bündigen Charakter der Salzböden. Der Tongehalt ist bei einigen sogar gering. Die schlechte physikalische Beschaffenheit dieser Böden muss also mit ihrem Salzgehalt in Verbindung stehen.

Für eine gute physikalische Bodenbeschaffenheit ist es notwendig, dass die feinsten Bodenpartikel, zumal der Ton sich beim Trocknen flockig abscheidet und zwischen sich Poren freilässt, in denen die Luft und das Wasser zirkulieren. In dieser Form besitzt der Boden die für den Pflanzenwuchs günstigste sog. Krümelstruktur. Durch die Anwesenheit grosser Salzmengen in der Bodenlösung wird diese Krümelstruktur des Bodens zerstört oder gefördert, je nach der Art der in Lösung befindlichen Salze.

Die Karbonate von Kalk und Magnesia fördern die Krümelstruktur, die Sulfate und Chloride wirken in kleinen Mengen fördernd, in grossen Mengen vermindernd, die Soda zerstört die Flockung und Krümelung vollständig.

In neuester Zeit haben die Entdeckungen der eigenartigen Gesetze der Kolloidchemie und ihrer Anwendung auf die Prozesse der Bodenbildung in den Studien von Gedroiz, van Bemmelen, Ehrenberg und anderen eine Erklärung dieser Erscheinung gegeben.[1])

Die Resultate sind kurz folgende:

Die Kolloide sind keine besondere Körperklasse, wie früher angenommen wurde, sondern die sog. kristalloiden Körper können unter gewissen äusseren Einflüssen (z. B. Salzlösungen) in kolloidale Form übergehen, wobei sie vielleicht eine andere Struktur der Molekel annehmen, in ihrer chemischen Zusammensetzung aber nicht verändert werden.[2]) Hingegen zeigen diese Körper in kolloidaler Form völlig veränderte physikalische und auch chemische Eigenschaften. Letzteres hat zur Aufstellung einer speziellen Chemie der Kolloide geführt.

[1]) Diese Studien haben auch Licht über die Ursachen der Anhäufung von Kieselsäure in den Podzolböden, von Tonerde in den Böden der gemässigten humiden Klimate und über das Fehlen der Tonerde in den Steppenböden verbreitet.

[2]) Die neuesten Forschungen haben ergeben, dass die Körper bei der kolloidalen Form in äusserst fein verteiltem Zustande meist ungelöst in dem Lösungsmittel schweben. Es wird angenommen, dass hierbei die vergrösserte Oberfläche sowie elektrische Spannungen die Wirkung der Schwerkraft aufheben, doch sind die Forschungen hierüber noch nicht abgeschlossen.

In kolloidem Zustand vermögen die Körper grosse Wassermengen aufzunehmen, die sie in halbgebundener Form festhalten, wodurch sie gallertartig in Lösung gehen. Diese Hydratform der Körper wird als Hydrosol bezeichnet.

Durch gelindes Trocknen kann den meisten Hydrosolen das Wasser entzogen werden, ohne dass sie ihre kolloidalen Eigenschaften verlieren; sie bilden hierbei eine amorphe sehr feinkörnige (nicht flockige) Masse und werden als Sol bezeichnet. Mit Wasser ergeben sie wieder eine Gallertmasse (reversible Form).

Durch Trocknen bei hohen Temperaturen oder sonstige äussere Einwirkung (Änderung der Lösung, langes Stehen) können die Kolloide aus ihrer Lösung ausgefällt werden. Sie scheiden sich hierbei meist flockig ab, zeigen kristalloide Eigenschaften und schwellen mit Wasser nicht mehr auf. Man bezeichnet sie dann als Gel (irreversible Form). Die normale Ausfällung (Koagulation) eines Kolloides durch äussere Einwirkung (Änderung der Lösung) kann wegen der Anwesenheit eines anderen Kolloides unterbleiben, man bezeichnet letzteres als Schutzkolloid. Wird das Schutzkolloid ausgefällt, so fällt auch das andere Kolloid gleichzeitig aus.[1])

Im Boden bilden sich bei der Verwitterung vielfach Kolloide, zumal die Kieselsäure und Tonerde sind bei ihrer Bildung Hydrosole. Durch die Wirkung der in der Bodenlösung vorhandenen Elektrolyte werden diese Hydrosole als Gele ausgefällt und häufen sich im Boden an oder sie bleiben gelöst und werden bei der Auslaugung hinweggeführt. Hierbei ist die Art und Menge der in der Bodenlösung vorhandenen Elektrolyte dafür entscheidend, ob die Tonerde ausgefällt und die Kieselsäure in Lösung bleibt oder umgekehrt. Aber auch die schon ausgefällte Tonerde kann als Kolloid wieder in Lösung gehen, und zwar durch die Anwesenheit von Soda im Boden. Diese löst sowohl die Tonerde als die Humussubstanzen kolloidal auf.

Durch die Wirkung der Soda büssen die gelösten Ton- und Humussubstanzen die Eigenschaft der Flockenbildung vollkommen ein. Deshalb quellen diese Sodaböden mit Wasser gallertartig auf, der gequollene Ton verstopft die Poren und hindert das Abfliessen des Wassers, beim Austrocknen nimmt der Boden Einzelkornstruktur an.

Die Salzböden besitzen im allgemeinen nur einen geringen Tongehalt in der obersten Schicht, die 5—20 cm tief ist. Der grösste Tongehalt findet sich in der zweiten Schicht von 15—60 cm. Im unteren Teil dieser noch durch Humus gefärbten Schicht finden sich meist grössere Mengen von Karbonaten der Erdalkalien vor, ja einige Böden zeigen Kalkkonkretionen

[1]) Ehrenberg nimmt an, dass die Partikel des elektrolytisch schwächeren Kolloides von dem Schutzkolloid umhüllt werden. S. P. Ehrenberg, Theoretische Betrachtungen über die Beeinflussung einiger der sog. physikalischen Bodeneigenschaften. Breslauer Landw. Mitteilungen, Bd. IV, Heft 3, S. 458. Parey, Berlin 1908.

und selbst Kalktuff unterhalb der zweiten Schicht, wodurch ihre Undurchlässigkeit noch erhöht wird.

Das Vorkommen grösserer Karbonatmengen im Untergrund der Steppenböden, sowie ihre Ablagerung in zwei Horizonten ist von Tanfiljew und Wysotzki[1]) durch die mangelnde Auslaugung und den Aufstieg der Salze bei der Verdunstung erklärt worden.

Die Abscheidung der Tonerde in Horizonten in den Salzböden sucht Gedroiz[2]) dadurch zu erklären, dass bei der Umwandlung der Tonerde in den kolloidalen Zustand nicht nur die Soda, sondern auch die von der Soda in Lösung gebrachten Humusstoffe wirksam sind. Letztere dienen hierbei auch der Tonerde als Schutzkolloide. Der in der Bodenfeuchtigkeit gelöste Ton und Humus wird in den Untergrund gelaugt, wo durch die Karbonate der Erdalkalien die Humusstoffe ausgefällt werden, worauf die ihres Schutzkolloides beraubte Tonerde ebenfalls ausfällt. Die erzeugte geringere Filtrationsfähigkeit der zweiten Schicht vermindert die Auslaugung des Bodens noch mehr und führt eine fortschreitende Anhäufung der Salze herbei.

Auch mit dem oberirdisch abfliessenden Wasser können aus der Oberkrume der Sodaböden Ton und Humus ausgelaugt werden,[3]) da die nach dem Regen sich bildenden Pfützen und Lachen stets in bedeutenden Mengen gelösten Ton und Humus enthalten. Ebenso erscheinen nach dem Regen die Kämme der Ackerfurchen gebleicht, weil der Humus daraus ausgewaschen ist.

Als erstes Mittel zur Verbesserung der Salzböden muss also die Neutralisation der Soda eingeführt werden, die durch verschiedene Mittel erfolgen kann.

Verfasser hat hierzu folgendes Experiment in dem Laboratorium des Landwirtschaftlichen Instituts zu Halle a. S. angestellt, das die Wirkung verschiedener Salze auf die Zersetzung der Soda und das Absetzen der Ton- und Humussubstanz zeigte.

In 7 (Kühnschen) Zylindern wurden je 50 g des sodahaltigen Bodens Suditzi Nr. II mit 1600 ccm destilliertem Wasser verrührt. Nach 24 Stunden ruhigen Stehens hatte sich in allen Gefässen der Sand abgesetzt, Ton und Humus blieben in Lösung.

Die Gefässe erhielten nun:

Nr. I keine Zugabe,
„ II 2 g $(NH_4)\ PO_3H$ in Pulverform,
„ III 2 „ $NH_4\ Cl$ „ „
„ IV 2 „ $(NH_4)_2\ SO_4$ „ „
„ V $^1/_2$ ccm H_2SO_4 (konz.)
„ VI 2 g $CaSO_4$ „ „
„ VII 1 „ $CaSO_4$ in Lösung.

[1]) Ramann, Bodenkunde, III. Aufl. Berlin 1910, S. 85, 540.

[2]) K. K. Gedroiz, Die Kolloidchemie und die Bodenkunde. Russ. Journ. für exper. Landw. St. Petersburg 1908, S. 290.

[3]) Treiz Földtany Köslöny, S. 120. Wie weit die Auslaugung des Humus gehen kann, zeigte sich bei Boden Suditzi V, wo aller Humus im Bodenauszug gelöst war.

Die Salze wurden erst abgewogen, dann gleichzeitig zugegeben und schnell mit einem Holzstabe die ganze Masse aufgerührt. Bei Nr. VII war der Boden am Tage vorher nur mit 1000 ccm Wasser versetzt worden, so dass 1 g Gips in 600 ccm Wasser gelöst zugefügt werden konnte.

Der Erfolg der Salzgaben zeigte sich in einer deutlichen Flockenbildung und dem Niederschlag der Ton- und Humussubstanzen, über denen sich eine vollkommene klare Flüssigkeit abschied. Die Photographie des Versuches zeigt die verschieden schnelle Wirkung der einzelnen Zugaben. Der obere Strich gibt die Absetzung nach $1^1/_2$ Stunden, der mittlere nach 3 Stunden. Die photographische Aufnahme erfolgte nach 28 Stunden. Während im Gefäss Nr. I, das keinen Zusatz erhalten hatte, der Ton sich erst nach 35 Tagen absetzte und der Humus selbst dann noch in Lösung blieb, zeigte von den anderen Gefässen nur Nr. II noch eine Gelbfärbung des Wassers durch Humus, die etwa der von aufgebrühtem Tee entsprach, und vollkommen durchsichtig war.

(Die starke Empfindlichkeit der photographischen Platte für braune Strahlen lässt in der Aufnahme Nr. VII die Farbe viel dunkler erscheinen.)

In der Schnelligkeit der Wirkung zeigen sich grosse Unterschiede. Das Phosphat hat am langsamsten gewirkt, was seiner weniger starken Säure entspricht. Bemerkenswert ist, dass der Gips sowohl gelöst als in Pulverform fast doppelt so schnell als das Ammoniumsulfat gewirkt hat, noch schneller selbst als die Schwefelsäure, die in ihrer Gesamtwirkung einen stärkeren Absatz hervorgerufen hat. Es hängt dies unzweifelhaft mit der Entstehung einer schwerlöslichen Verbindung, beim Gips des $CaCO_3$, in Zusammenhang.

Die Melioration der Alkaliböden.

Bewässerung und Drainage.

Durch mangelnde Auslaugung entstanden, müssten die Alkaliböden durch Bewässerung melioriert werden können; leider hat die Bewässerung aber in der Praxis oft eine Verschlimmerung der Alkaliböden in der Steppe ergeben. Die Ursache besteht darin, dass durch die Bewässerung meist nur so viel Wasser dem Boden zugeführt wird, dass die oberen Schichten nass werden. Von einem Auslaugen der Salze kann also bei dem tiefen Grundwasserstand keine Rede sein.

Ausserdem werden die Salze der tieferen Schichten mobil gemacht, sei es durch das von oben eingedrungene Rieselwasser, sei es, dass durch hochgelegene Kanäle der Spiegel des Untergrundwassers gehoben werden und mit ihm die Salze der tieferen Schichten, so dass selbst die nicht berieselten Böden der Umgegend plötzlich Alkali zeigen. Dass auch die Gewässer der Steppe meist stark alkalihaltig sind, zeigte Tabelle III und die häufige Bildung von Salzseen. Solches Rieselwasser ist natürlich erst recht schädlich, weil bei der grossen verdunsteten Menge ansehnliche Quantitäten von Salzen im Boden zurückbleiben.

Es wäre noch zu erwähnen, dass ein Wegwaschen der Salze durch Überrieseln meist nicht gelingt;[1]) denn die ersten Wassermengen lösen die Salze auf und werden sofort vom Boden aufgesaugt, später verschlämmt sich die Oberfläche des Bodens und das Wasser läuft ohne Wirkung ab.[2])

Hingegen kann die Überstauung auf nicht zu bündigen Bodenarten durch eine Hinabspülung der Salze in den Untergrund gute Resultate haben. Dieses Mittel ist aber gefährlich, da hierdurch leicht eine Versumpfung eintritt, wenn der Boden zu bündig ist.

All diese Schäden und Mängel der Bewässerung können durch eine zweckentsprechende Drainage bei genügender Wasserzufuhr vermieden werden. Dieses Mittel bewirkt meist eine genügende Auslaugung der Salze, doch ist es ersichtlich, dass dabei auch die wertvollen im Boden angehäuften Salze mit ausgewaschen werden. Ausserdem ist sie sehr kostspielig, sie wird daher stets nur im äussersten Falle zur Anwendung kommen.

Ein Ableiten der sich ansammelnden Wasser durchzuführen, kann bei den nassen Salzböden nur empfohlen werden, da ohne dasselbe die Bearbeitung des Bodens meist nicht möglich ist. Dieses kann auch durch offene Gräben geschehen. Z. B. wurde in Stăvăresci ein 1130 m langer Abzugsgraben ausgeführt. Eine Auslaugung der Salze kann aber nur durch Röhrendrainage erfolgen.

Bebauung und Verbesserung der Alkaliböden ohne Drainage.

1. Alkali-vertragende Pflanzen. Die einfachste Art der Urbarmachung von Salzböden besteht in dem Anbau von Pflanzen, die durch die Salze nicht geschädigt werden. Leider haben sich wenig solche Pflanzen von allgemeiner Brauchbarkeit bis jetzt als für die Klasse der strengen Alkaliböden passend erwiesen. Die Frage ist noch nicht entschieden, weil oftmals nicht sicher festgestellt werden kann, ob die Menge und Beschaffenheit der nach der heutigen Bestimmungsart gefundenen Salze denen in der Natur entspricht. Wieweit ein gutes Wachstum, je nach der Empfindlichkeit der einzelnen Pflanzen, noch möglich ist, wurde in der Tabelle von Loughridge angegeben. Als gute Futterpflanze hat sich durch 20jährigen Anbau in Amerika eine australische Salzpflanze Atriplex semibaccata bewährt, die ein Futter ähnlich der Luzerne liefern soll.[3])

2. Herabsetzung der Verdunstung. Da die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit das Alkali in den oberen Bodenschichten vermehrt, was

[1]) S. Hilgard, Soils S. 416 und Wollny, Forschungen Bd. XVI. Der Einfluss der klimatischen Faktoren auf die Bodenbildung, S. 82.

[2]) Alex v. Sigmond berichtet neuerdings über gute Resultate bei Berieselung der alkalihaltigen Wiesen von Bekesciaba (Ungarn) und bemerkt dazu, es müssten stets nur ausreichende Wassermengen angewandt werden.

[3]) Schmidt und Haage in Erfurt brachten den Samen von A. semib. neuerdings in Deutschland zum Verkauf. S. Hauptkatalog 1910.

zur Schädigung der Vegetation beiträgt, so muss sie so viel als möglich verhindert werden.

Drei Methoden sind dazu im Gebrauch: Beschattung, Bedeckung des Bodens und Erhaltung der Oberfläche in loser Beackerung, so tief als es die Klimaverhältnisse verlangen.

Die ersten zwei Methoden haben in Amerika gute Resultate gegeben. Zumal bei der Luzerne kann die Beschattung des Bodens sehr gute Wirkung hervorrufen. Bedingung hierzu ist ein geschlossener Bestand (siehe die angeführten Resultate bei dem Boden von Codreni Darabani).

Die tiefe Bewurzelung der Luzerne ermöglicht der Pflanze eine Wasserentnahme aus den tieferen Schichten und verhindert ebenfalls das Aufsteigen der Salze an die Oberfläche. In Kalifornien und Indien hat auch das Bedecken des Bodens mit Stroh oder Laub zur Verminderung der Verdunstung gute Dienste geleistet, doch ist dieses Mittel meistens zu kostspielig und nur in Obstgärten rentabel.

Viel besser anwendbar ist das dritte Mittel, die Erhaltung der Bodenoberfläche in lockerer Beschaffenheit. Es empfiehlt sich hierzu ein öfteres Behacken der Pflanzen, was ja bei der tieferen Lage der Wurzeln in den ariden Gebieten selbst während der Entwickelung der Pflanzen so lange durchgeführt werden kann, bis diese durch Beschattung selbst die Verdunstung herabsetzen.

3. Tiefes Umpflügen. Die in manchen Salzböden vorhandenen Salze finden sich nur in den obersten Schichten angesammelt (so z. B. bei dem Boden von Cotnari). Werden diese durch Rigolpflügen mit dem Untergrund vermischt oder in tiefere Lage gebracht, so kann wenigstens eine zeitweise Verbesserung des Bodens dadurch erzielt werden, da auch der Abfluss des Wassers verbessert wird. Ist aber der Untergrund stark salzhaltig, wie bei dem Boden von Stăvăresci, so würde das Heraufbringen desselben die Sache nur verschlimmern.

4. Vermengen mit anderen Bodenarten. Von einer sehr kostspieligen Melioration in Ungarn berichtet A. Szigmond (Wiener landw. Zeitung 1905, S. 268). Die Bauern der Theissniederung haben ihre Salzböden dadurch zu fruchtbaren Weizenböden umgewandelt, dass sie Mergel, der in 1—2 m Tiefe sich vorfindet, auf die Acker gefahren und mit dem Salzboden durch Umackern vermischt haben.

Neutralisierung des schwarzen Alkali.

Da so geringe Mengen wie 0,1 % an CO_3Na_2 einen Boden unfruchtbar machen können, so genügt oft seine Umwandlung in Sulfat, um das Übel zu beseitigen. Dies geschieht durch Ausstreuen von Gips. Die erforderlichen Mengen sind verschieden nach dem Alkaligehalt des Bodens und schwanken zwischen Gaben von 300—2500 kg auf 1 ha. Doch ist es nicht nötig, die gesamte Menge auf einmal zu geben, wenn nur genügend früh die notwendige Menge, 300—600 kg, gegeben wird, um die oberste Schicht

zu neutralisieren. Die Frist beträgt mindestens 5 Tage vor der Aussaat. Luzerne und Klee können mit Gips gemengt ausgesät werden. Die Wirkung des Gipses ist oft augenblicklich sichtbar, die dunklen Pfützen und Flecken verschwinden; denn der Gips macht die Humussubstanzen unlöslich, die vom Boden aufgesogen werden. Die harten Schollen und Blöcke zerfallen, wobei die entstehende Masse an Grösse zunimmt. Dies erklärt die Senkung der Oberfläche in den Salzstellen; durch die Einzelkornstruktur verringert sich das Volumen des Bodens, er sackt zusammen, deshalb erscheinen die Salzländereien pockennarbig vertieft. Es kann durch starkes Gipsen oft die Drainage erspart werden, denn der wieder krümelig gewordene Boden lässt das Wasser tiefer eindringen und ermöglicht die Bodenbearbeitung, so dass ein Anhäufen der Salze in den oberen Schichten vermieden wird. Durch das Unlöslichwerden der Humussubstanzen aber wird einem Verlust an Nährstoffen, zumal Nitraten, durch die Drainage vorgebeugt, ebenso führt der Gips die löslichen Phosphate in schwerer lösliche Form über. Im allgemeinen reicht es aus, wenn dem Boden so viel Gips zugeführt wird, um die in 1—2 m Tiefe angesammelte Soda zu neutralisieren. Dort, wo aber ein neuer Zufluss von alkalischer Lösung, sei es durch Grundwasser oder durch Abfluss aus höheren Schichten, erfolgt, muss, wo nicht Dränage diesem Übel steuert, ein alljährliches Gipsen nachhelfen.

Fruchtbarkeit der Salzböden.

Da einige der angeführten Meliorationsmittel, wie z. B. die Drainage, grosse Ausgaben erfordern, bleibt noch die Frage zu erörtern, ob die Salzböden nach der Melioration genügend fruchtbar sind, um die Aufwendungen zu lohnen. Die hierüber gemachten Erfahrungen in Amerika und Ungarn bejahen diese Frage wenigstens für die Steppen- oder Alkaliböden, die durch mangelnde Auslaugung entstanden sind; diese ergeben bei geeigneter Melioration äusserst fruchtbare Böden. Es ist dies leicht zu erklären, denn die mangelnde Auslaugung ruft neben einer Anhäufung der schädlichen Salze auch eine solche der Nährstoffe hervor. Den Beweis hierfür liefern die grossen Kalimengen, die bei der Elementaranalyse gefunden werden. Ebenso sind diese Böden reich an Humusstoffen, Stickstoff und Phosphorsäure.

Bei der mangelhaften Auslaugung können sich diese Stoffe im Boden in leicht löslicher Form anhäufen, hierauf ist auch die Fruchtbarkeit der Steppenböden im allgemeinen zurückzuführen, wo die Pflanzen bei genügender Wasserzufuhr äusserst günstige Lebensbedingungen vorfinden.

Wesentlich anders müssen die sekundären Alkaliböden beurteilt werden; hier kommt es auf den ursprünglichen Reichtum des Bodens an Nährstoffen, sowie auf die Art der durch Wind oder Wasser zugeführten Salze an.[1])

[1]) Die unerschöpfliche Fruchtbarkeit der Lössgebiete Chinas wird z. B. von Richthofen dem dort vom Wind aus der mongolischen Wüste herübergewehten Salzstaub zugeschrieben.

Die marinen oder eigentlichen Salzböden aus den Küstengebieten verdanken ihre Fruchtbarkeit keineswegs ihrem Salzgehalt, resp. dem überflutenden Meereswasser, denn letzteres enthält ja, wie die Analyse zeigt, nur geringe Mengen von Pflanzennährstoffen. Wenn diese Böden meist fruchtbar sind, so verdanken sie das nur ihrem hohen Gehalt an feinsten, tonigen Teilen. Hingegen können die Böden am Ufer der Salzseen des Steppengebietes, deren Wasser Kali, Phosphate oder Nitrate enthält, durch Überflutung und Absorption nicht unwesentlich an Pflanzennährstoffen angereichert werden.

Ebenso kann ein nährstoffarmer Boden, Sand oder Lehm (Podzol) sekundär durch Zuflüsse in Salzböden verwandelt werden, ohne dass er dadurch fruchtbarer wird, da die Zuflüsse keine Pflanzennährstoffe enthalten, was bei den Salzböden aus der Umgebung von Steinsalzlagern oder Kochsalzquellen der Fall ist. Solche Böden müssen daher vor der Melioration erst auf ihren Nährstoffgehalt untersucht werden.

Bei der Anwendung der Drainage oder Überstauung muss auch beachtet werden, ob der Boden nicht reich an wasserlöslichen Nährstoffen ist, was bei den terrestren Salz- oder Alkaliböden der Fall. Wird dieses nicht beachtet, so können durch die Auswaschung des Bodens nicht nur die schädlichen Salze ausgelaugt werden, sondern auch ein bedeutender Teil der Nährstoffe, so dass der Boden nach der Melioration äusserst nährstoffarm und unfruchtbar zurückbleibt, zumal bei Sodaböden, wo auch die Humusstoffe in Lösung gehen und ausgewaschen werden. Als Vorbeugungsmittel empfiehlt sich auch hier das Gipsen.

Literatur.

1. Antipa, G., Terenurile Inundabile ale Dunărei. Bukarest 1910.
2. Bemmelen, van, Die Absorption. Zeitschrift für anorg. Chemie Bd. XIII, S. 233.
3. — — Die Zusammensetzung der Ackererde. Landw. Versuchs-Stat. 1885, Bd. XXXVII, S. 347—373.
4. Berthelot, Absorption der Humusstoffe. Comptes rendus der Pariser Academie 1905, S. 433, 748, 1182; Jahresb. d. Agrik.-Chemie 1905, S. 72—73.
5. Brânză, G., Prodromul Florei Române. Bukarest 1883.
6. Bujor, P., Contribution à la Faune des Lacs salées de Roumanie. Extrait des Annales Scientifiques de l'Université de Jassy vol. I, fasc. 2.
7. Ehrenberg, P., Theoretische Betrachtungen über die Beeinflussung einiger der sog. physikalischen Bodeneigenschaften. Mitteilungen der Landw. Institute der Universität Breslau Bd. IV, Heft III, S. 445. Berlin 1908.
8. Gedrojz, K. K., Die elektrische Methode von Whytney und Means zur Bestimmung des Salzgehaltes der Böden. Russ. Journ. für exper. Landw. St. Petersburg 1900, S. 48.
9. — — Die Kolloidchemie und die Bodenkunde. Russ. Journ. für exper. Landw. St. Petersburg 1908, S. 290.
10. — — Über Schwankungen der Konzentration der Bodenlösung. Russ. Journ. für exper. Landw. St. Petersburg 1906, S. 561.
11. Grecescu, G., Conspectul Florei Române. Bukarest 1909.
12. Hilgard, E. W., Nature, value and utilization of Alkali Lands Sacramento Calif. Agric. Experim. Stat. 1892.
13. — — Über den Einfluss des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des Bodens. Forschungen Wollny Bd. XVI, 1893, S. 82.
14. — — Verteilung der Salze in Alkaliböden unter verschiedenen Bedingungen. Wollnys Forschungen 1896, Bd. XIX, S. 20.
15. — — Brief a. Prof. Kossowitsch. Journ. für exper. Landw. St. Petersburg 1905, S. 349.
16. — — Soils. New-York 1906.
17. Höstermann, Über die Einwirkung des Kochsalzes auf die Vegetation einiger Wiesengräser. Landw. Jahrbücher XXX, Ergänzungsband III, S. 173.
18. Jormescu und Popa Burca, Harta Agronomică a României. Bukarest 1909.
19. Kossowitsch, Die Alkaliböden. Russ. Journ. für exper. Landw. St. Petersburg 1903, S. 43.
20. Kossowitsch und Tassanow, Die Böden der Munjaisteppe und ihre Verwandlung in Alkaliböden. Russ. Journ. für exper. Landw. St. Petersburg 1905.
21. Krawkow, Untersuchungen auf dem Gebiete des Studiums der Ursachen des Absterbens der künstlichen Waldanpflanzungen. Russ. Journ. für exper. Landw. St. Petersburg 1908, S. 116.
22. Mrazek, Les lacs Salées de Roumanie. Archives des Sciences physique et naturelles Genève 1901, IV. Periode, Tome XI.
23. — — Studie eines salzhaltigen Mergelbodens von Scapău D. Mehedintzi (rumänisch). Bulletin des Ministeriums für Ackerbau. Bukarest 1904.
24. Mrazek und Tesseyre, Apercu geologique sur les formations salifères. Bulletin du Min. de Dom. Bukarest 1900.

25. Murgoci, G., La Plaine Roumaine et la Balte du Danube. Raport au Congrès International du Pétrol. Bukarest 1906.
26. — — Schitza Agrogeologică a României. Bukarest 1908.
27. — — Raport al lucrărilor Sectiunei. Agrogeologice peanul 1906—1907. Bukarest 1908.
28. Parmentier, Über den Ursprung des in der Luft enthaltenen Na_2SO_4 und seine chemische Wirkung. Ann. de Chim. et de Phys. 1893, Sér. 6 I, XXIX; auch in Wollnys Forschungen 1893, Bd. XVI, S. 495.
29. Passerini, Der Gehalt des Regenwassers an Chlor. Wollnys Forschungen 1894, Bd. XVII, S. 376.
30. Prager, W., Rumäniens Landwirtschaftliche Klimatographie. Diss. Halle a. S. 1908.
31. Puchner, I., Untersuchungen über den Transport der löslichen Salze bei der Wasserbewegung im Boden. Wollnys Forschungen 1895, Bd. XVIII, S. 1.
32. — — Verteilung der Nährstoffe in den verschieden feinen Bodenbestandteilen. Landw. Versuchs-Stat. 1907, Bd. 66, S. 493.
33. Ramann, Bodenkunde. III. Auflage. Berlin 1910.
34. Rusescu, I., Die Frage der künstlichen Aufforstung in Rumänien. (Chestiunea împăduririlor artificiale.) Bukarest 1906.
35. Sigmond, A. v., Die Alkaliböden Oberungarns. Wiener Landw. Zeitung 1905, S. 268.
36. Statistik des rumänischen Ackerbau-Ministeriums. Bukarest 1905.
37. Stefanesco, Gr., Le Dessèchement de Lacul Sărat. Bukarest 1901.
38. Stephanow, N., Die Alkaliböden des Schipowforstes. Russ. Journ. für exper. Landw. 1903, S. 692.
39. W. Subow, Düngerwirkung des Kochsalzes im Vergleich zu Chlorkalium. Diss. Halle a. S. 1910.
40. Swawing, J., Über die schädlichen Wirkungen des Meerwassers auf den Ackerboden. Landw. Versuchs-Stat. 1899, Bd. 51, S. 463.
41. Treiz, P., Die Alkaliböden des ungarischen grossen Alföld. Földtani Közlony. Budapest 1908, S. 106.
42. Woeikof, Die Klimate der Erde. Jena 1887.
43. Wohltmann, F., Die Wirkung der Kochsalzdüngung auf unsere Feldfrüchte. VII. Bericht des Inst. f. B. u. Pfl. der landw. Akademie zu Bonn-Poppelsdorf 1904.
44. — — Gutachten in der Klage des Verbandes Bersenbrücker Wiesen- und Hofbesitzer gegen den Bergwerk- und Hüttenverein zu Osnabrück. Bonn 1896.
45. — — Handbuch der tropischen Agrikultur. Leipzig 1892.
46. — — Die Einwirkung salzhaltiger Wasser auf die Kulturpflanzen. Nr. 1 d. Mitt. aus den Versuchsf. zu Bonn-Poppelsdorf 1895.
47. — — Wie schützt der Landwirt seine Fluren gegen Trockenheit. Nr. 6 der Mitt. aus den Versuchsf. zu Bonn-Poppelsdorf.
48. — — Das Nährstoffkapital westdeutscher Böden. Bonn 1901.
49. — — Welche Bedeutung hat die chemische Untersuchung für die Ackerbonitierung. 18. Mitt. der Versuchs-Stat. zu Bonn-Poppelsdorf 1900.
50. — — Die Ergebnisse der Untersuchungen Deutsch-Südwestafrikanischer Böden. Nr. X der Mitt. der Versuchs-Stat. Bonn-Poppelsdorf. 1896.
51. Wollny, E., Untersuchungen über die Verdunstung. Wollnys Forschungen 1895, Bd. XVIII, S 486 f.

Lebenslauf.

Geboren am 22. Juni 1886 in Fogarasch, Siebenbürgen, als Sohn des Dr. Georg Maior, Professor an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Bukarest, erhielt ich die ersten 2 Jahre Vorschulbildung im Elternhaus daselbst. Hierauf besuchte ich die städtischen Schulen, die ich im Sommer 1905 mit dem Reifezeugnis des klassischen Lyceums St. Sava absolvierte. Nachdem ich meiner Militärpflicht als Einjährig-Freiwilliger beim 6. Infanterieregiment Mihai Viteazu genügt hatte, kam ich Michaelis 1906 nach Berlin, wo ich 6 Semester an der Kgl. Landw. Hochschule und der Friedrich Wilhelms-Universität dem Studium der Landwirtschaft, Nationalökonomie und Philosophie oblag. Im November 1908 bestand ich die Diplomprüfung an der Kgl. Landw. Hochschule zu Berlin. Ab Januar 1910 setzte ich meine Studien in Halle a. S. fort, wo ich am 19. Juni 1911 die philosophische Doktorprüfung bestand.

Während meiner Studienzeit hörte ich Vorlesungen und Demonstrationen bei den Herren Professoren:

Adler, Aereboe, Auhagen, Bode, Börnstein, Buchner, Conrad, Eggeling, Fischer, Gruner, Holdefleiss, Lehmann, Kny, Kühn, Küttner, Magnus, Menzer, Orth, Plate, Riehl, Schmalz, Sering, Uphues, Wagner, Werner, v. Willamowitz-Moellendorf, Wittmack, Wohltmann, Zuntz.

Es drängt mich beim Verlassen der Hochschule, all diesen meinen verehrten Lehrern und Professoren meinen innigsten Dank auszusprechen für die durch sie empfangenen Lehren und Anregungen, besonders fühle ich mich den Herren Geh. Reg.-Rat Orth zu Berlin, Kaiserl. Geh. Reg.-Rat Wohltmann und Prof. Holdefleiss zu Halle tief verpflichtet.